

**Individualisierendes Lehren und Lernen anhand einer
multimedialen Lernumgebung zum Thema Sonnenschutz**
- eine Design-Based Research Studie -

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Naturwissenschaften
– Dr. rer. nat. –

vorgelegt von

Marcus Kohnen

geboren in Essen

Institut für Didaktik der Chemie
der
Universität Duisburg-Essen

2011

Die vorliegende Arbeit wurde im Zeitraum von April 2008 bis Mai 2011 im Arbeitskreis von Prof. Dr. Stachelscheid am Institut für Didaktik der Chemie der Universität Duisburg-Essen durchgeführt.

Tag der Disputation: 5. Juli 2011

Gutachter: Prof. Dr. K. Stachelscheid

Prof. Dr. E. Sumfleth

Vorsitzender: Prof. Dr. G. Haberhauer

Inhalt

1	Einleitung.....	6
2	Perspektiven des Lehrens und Lernens.....	8
2.1	Einführung zum Lernbegriff	8
2.2	Angebots-Nutzungsmodell nach Helmke.....	9
2.3	Individuelle Bedingungsfaktoren	10
2.4	Lehr-Ansätze in der Gestaltung von Lernumgebungen.....	12
2.5	Individualisierender und adaptiver Unterricht	13
2.6	Begriffsbestimmung Lernwege	16
2.6.1	Die didaktische Perspektive	17
2.6.2	Die methodische Perspektive	18
2.6.3	Die Lernprozess Perspektive	19
2.6.4	Vorschlag zu einem erweiterten Lernwegbegriff	21
2.7	Multimediales Lernen	22
2.7.1	Cognitive Theory of Multimedia Learning (Mayer 2001)	23
2.7.2	Multimodalität.....	24
2.7.3	Bedeutung von Multimedia	24
3	Grundlagen zum Sonnenschutz	26
3.1	Naturwissenschaftlich-medizinische Grundlagen	26
3.1.1	UV-Strahlung und Atmosphäre.....	26
3.1.2	Wirkung von UV-Strahlung auf den menschlichen Körper	29
3.1.3	Physikalisch-chemische Schutzmaßnahmen vor UV-Strahlung	34
3.1.4	Epidemiologische Betrachtung von Hautkrebserkrankungen	35
3.2	Wissen zu UV-Strahlung, Hautkrebs und Sonnenschutzverhalten	37
3.3	Gesundheitserziehung und Präventionsmaßnahmen	37
3.4	Präventionsmaßnahmen in der Schule	40
4	Design-Based Research.....	41
4.1	Elemente und Ablauf des DBR	41
4.2	Kritische Diskussion zur Wissenschaftlichkeit des DBR.....	45
4.3	Abgrenzung zu anderen Forschungskonzepten	46
5	Forschungsdesign dieser Arbeit.....	48
5.1	Forschungsfragen	48
5.2	Untersuchungsdesign	48
5.3	Technische Grundlage zur Erstellung der Lernumgebungen	50
6	Pilotstudien	52
6.1	Lernumgebung Teilchenbewegung	53
6.1.1	Untersuchungsfragen.....	53

6.1.2	Inhaltliche und didaktische Konzeption der Lernumgebung.....	53
6.1.3	Untersuchungsdesign & Untersuchungsinstrumente.....	56
6.1.4	Ergebnisse	57
6.1.5	Schlussfolgerungen zur Pilotstudie	62
6.2	Lernumgebung Löseverhalten.....	63
6.2.1	Untersuchungsfragen.....	63
6.2.2	Inhaltliche und didaktische Konzeption der Lernumgebung.....	63
6.2.3	Untersuchungsdesign & Untersuchungsinstrumente.....	64
6.2.4	Ergebnisse	65
6.2.5	Schlussfolgerungen zur Pilotstudie	68
7	Hauptstudie.....	69
7.1	Wissen zum Sonnenschutz in der Jg.-Stufe 5.....	70
7.2	Inhaltliche und didaktische Konzeption der Lernumgebung.....	73
7.3	Qualitative und quantitative Untersuchungsinstrumente.....	83
7.4	Auswertungsschema.....	89
7.5	Deskriptive Ergebnisse.....	90
7.6	Ergebnisse auf Individualebene	98
7.6.1	Mediale und inhaltsbezogene neue Nutzungsschemata der Lerner.....	98
7.6.2	Typisierungen der Medien- und Inhaltsnutzung.....	99
7.6.3	Konstruktion von Lernprofilen.....	102
7.6.4	Tendenzen individueller Lernprofile im Vergleich.....	106
7.6.5	Individuelle Lernprofile	106
7.6.6	Exemplarischer Vergleich von Lernerfolg und Lerntagebuch	113
7.6.7	Interviewdaten.....	116
7.7	Diskussion der Ergebnisse im Hinblick auf die Forschungsfragen.....	119
7.8	Diskussion weiterer ausgewählter Ergebnisse sowie der Forschungskonzeption	121
8	Zusammenfassung und Ausblick	123
9	Verzeichnisse	127
9.1	Literaturverzeichnis.....	127
9.2	Abbildungsverzeichnis	138
9.3	Tabellenverzeichnis.....	139
10	Anhang	141
10.1	Lernprofile.....	141
10.2	Testhefte Teilchenbewegung.....	147
10.3	Testhefte Löseverhalten	150
10.4	Fragebogen Sonnenschutz.....	153
10.5	Testhefte SunExplorer.....	159

10.6	Lerntagebuch zum SunExplorer.....	167
10.7	Publikationen.....	170
10.8	Vorträge.....	170
10.9	Lebenslauf.....	172
10.10	Erklärung.....	173
10.11	Danksagung.....	174

1 Einleitung

Die Notwendigkeit individualisierenden Unterrichts ist nicht nur in der fachübergreifenden Lehr-Lernforschung sondern auch in der fachdidaktischen naturwissenschaftlichen Forschung bekannt. Durch die Ergebnisse deutscher Schüler¹ in nationalen und internationalen Schulleistungsstudien ist die Forderung nach einem produktiven Umgang mit Heterogenität zu einem zentralen Anliegen der Bildungspolitik avanciert. Individuelle Förderung wurde in NRW schließlich in der Veränderung des Schulgesetzes 2006 festgelegt:

„Jeder junge Mensch hat ohne Rücksicht auf seine wirtschaftliche Lage und Herkunft und sein Geschlecht ein Recht auf schulische Bildung, Erziehung und individuelle Förderung.“ (Schulgesetz NRW 2006, Paragraph 1)

An dieser Stelle muss erwähnt werden, dass das Begriffsverständnis von individueller Förderung und individualisierenden Unterricht nicht identisch sein muss (vgl. Bräu 2005, Schäfers 2009). Unter individueller Förderung kann die explizite Förderung einzelner Schüler bzw. Schülergruppen z.B. leistungsschwacher Schüler, begabter Schüler verstanden werden. Diese Fördermaßnahmen werden häufig ergänzend zum Unterricht eingesetzt. In der Regel werden dabei Differenzierungsmaßnahmen mit dem Ziel eingesetzt, homogene Lerngruppen herzustellen. Zwischen den homogenen Lerngruppen soll dann ein vergleichbarer Leistungsstand angestrebt werden. Individualisierender Unterricht versucht dagegen nicht, Unterschiede zwischen den Schülern zu nivellieren. Stattdessen gilt es jeden einzelnen Schüler im alltäglichen Unterricht, d.h. unter Bewahrung der Heterogenität, bestmöglich zu fördern und zu fordern.

Aktuelle Forschungen zur Schul- und Unterrichtsforschung in Deutschland zeigen, dass die schulische Realität und insbesondere naturwissenschaftlicher Unterricht immer noch weit von einer tatsächlichen Individualisierung des Unterrichts entfernt sind (siehe Kapitel 2.5). Lehrerinnen und Lehrer sehen sich häufig nicht in der Lage, jeden einzelnen Schüler angemessen entsprechend seiner individuellen Voraussetzungen und Bedürfnissen adaptiert zu unterrichten (IfD Allensbach 2011). Eine Ursache hierfür kann zum einen in der mangelnden Bereitstellung von adäquaten, praxiserprobte Unterrichtskonzepten und Unterrichtsmaterialien liegen. Zum anderen kann aber auch ein mangelnder Transfer von fachdidaktischen Forschungsergebnissen in den Unterrichtsaltag (vgl. Gräsel & Parchmann 2004) vermutet werden, da durchaus Forschungsansätze z.B. zur Differenzierung (Becker 2009) vorliegen.

Die vorliegende Arbeit setzt an diesem Befund an, indem eine computergestützte Lernumgebung entwickelt wird, die eine adäquate, praxisorientierte Möglichkeit zur Individualisierung von Lehr-/ Lernprozessen bereitstellen soll. Dabei bietet diese Lernumgebung den Lernern durch ihren multimedialen und multimodalen Aufbau eine Lerngelegenheit, in der sie entsprechend ihrer Lernvoraussetzungen zwischen unterschiedlichen Lernangeboten wählen können. Der Frage nach der Praxistauglichkeit der Lernumgebung wird durch das Forschungsdesign Design-Based Research (DBR, siehe Kapitel 4) Rechnung

¹ Zur Vereinfachung wird im Folgenden immer von Schüler oder Schülern gesprochen, damit sind natürlich auch Schülerinnen gemeint. Entsprechend verhält es sich bei Lerner und Lernern.

getragen, mit dem insbesondere auf den Theorie-Praxis Transfer eingegangen wird. Dadurch ist DBR für die fachdidaktische Forschung besonders geeignet. Ein weiteres Merkmal des DBR ist die Möglichkeit, offene Forschungsfragen stellen zu können, deren Untersuchung wiederum zu neuen Hypothesen und Untersuchungsansätzen führen sollen. In dieser Arbeit werden mit Hilfe des DBR Lernwege exploriert, wobei die Lernwege von Schülern innerhalb einer multimedialen, individualisierenden Lernumgebung zum Thema Sonnenschutz betrachtet werden. Die Ergebnisse dieser Arbeit bestehen hauptsächlich in der Darstellung von Individualergebnissen und teilweise dem interindividuellen Vergleich, da individualisiertes Lernen kaum an Mittelwertvergleichen von Gruppenergebnissen sinnvoll betrachtet werden kann.

Das Thema Sonnenschutz als Lerngegenstand der Lernumgebung begründet sich durch die Tatsache, dass Hautkrebs eine der sich am stärksten ausbreitenden Krebsformen ist (siehe Kapitel 3). Zudem sind schulische Maßnahmen zum präventiven Gesundheitsverhalten zu dieser Thematik kaum vorhanden, sodass hier dringender Entwicklungs- und Handlungsbedarf besteht.

Der erste Teil dieser Arbeit beginnt mit dem theoretischen Hintergrund zu den Perspektiven vom Lehren und Lernen (siehe Kapitel 2). Hier werden besonders die Aspekte Lernvoraussetzungen, individualisierendes Lernen und multimediales Lernen herausgestellt. Anschließend folgt die Darstellung der naturwissenschaftlich-medizinischen Grundlagen zum Inhaltsbereich der Lernumgebung, dem Sonnenschutz (siehe Kapitel 3).

Anschließend wird das Forschungskonzept dieser Arbeit, das Design-Based Research (DBR) vorgestellt und näher erläutert, da es sich um eine weniger bekannte Forschungskonzeption in der (deutschsprachigen) naturwissenschaftsdidaktischen Forschung handelt (Kapitel 4).

Die konkrete Umsetzung des DBR leitet dann im Kapitel *Design dieser Arbeit* (Kapitel 5) zusammen mit den Forschungsfragen den Übergang zu den Konzeptionen und Ergebnissen der Pilotstudien (Lernumgebungen zur Teilchenbewegung und Löseverhalten, siehe Kapitel 6) und der Hauptstudie (Lernumgebung SunExplorer, siehe Kapitel 7) ein. Die Ergebnisse der Studien werden anschließend hinsichtlich der Forschungsfragen und hinsichtlich der Forschungskonzeption diskutiert (siehe Kapitel 7.7 und 7.8).

Abschließend werden die zentralen Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zusammenfassend dargestellt. Ein Ausblick auf mögliche Anwendungsmöglichkeiten bildet schließlich den Schluss dieser Arbeit.

2 Perspektiven des Lehrens und Lernens

2.1 Einführung zum Lernbegriff

Die Fähigkeit zum Lernen ist für den Menschen die vielleicht wichtigste existentielle Eigenschaft, die ihm Flexibilität und Adaptivität in seinen Handlungen verschafft, um sich in seiner Umwelt behaupten zu können. Allgemein ist Lernen ein Prozess, „der als Ergebnis von Erfahrungen relativ langfristige Veränderungen im Verhaltenspotential“ bewirkt (Koch 2008). In der pädagogischen Psychologie wird Lernen als ein Konstrukt betrachtet, das sich aus kognitiven, motivationalen und emotionalen Prozessen zusammensetzt (Tobinski & Fritz 2010) und zu relativ stabilen Verhaltensänderungen führt (vgl. Steiner 2006, Gerrig & Zimbardo 2008, S. 192 ff.). Der Lernbegriff beinhaltet nicht nur das Aneignen von Wissen und Fertigkeiten², sondern auch das Lernen von „Angst und Sicherheit“, sowie „die Befähigung zu planvollem Handeln und problemlösenden Denken“ (Edelmann 2000 S. 277).

Besonders in der frühkindlichen Entwicklung von Kindern laufen Lernprozesse ständig ab, so dass Fertig- sowie Fähigkeiten, häufig intuitiv und unbewusst, entwickelt und weiter entwickelt werden. Der Lernprozess an sich ist mit pädagogisch-psychologischen Mitteln nicht direkt beobachtbar (Steiner 2006). Die derzeitige neuropsychologische Forschung versucht dies mit Hilfe moderner Abbildungsverfahren zur Untersuchung von biochemischen Vorgängen im Gehirn (wie z.B. die Positronen-Emissions-Tomographie) (vgl. Stern et al. 2007) darzustellen. Indirekte Möglichkeiten zur (Re-)Konstruktion des Lernprozesses bestehen z.B. in der Verhaltensbeobachtung oder der Feststellung von Wissensveränderung durch Tests. Beobachtbar ist z.B., dass Kinder lernen, in dem sie ihre Umwelt nachahmen (Imitationslernen), einfach nach dem Prinzip „trial and error“ ausprobieren oder durch Spielen lernen (vgl. Tobinski & Fritz 2010).

Lernen lässt sich ergebnisorientiert (Edelmann 2000, S. 76) als Differenz zweier Zustände (vor- und nach dem Lernen) verstehen, bei der eine positive Differenz einen Lernzuwachs bedeutet, während keine oder sogar negative Differenz schwieriger zu interpretieren ist. Hier kann z.B. Wissen einfach nur substituiert worden sein (vgl. Conceptual Change, s.u.). Diese ergebnisorientierte Perspektive eignet sich deshalb weniger gut als Ansatz, um das schulische Lernen zu optimieren. Vielmehr ist es notwendig, verstärkt die Wahrnehmung des Lehrangebots durch den Lerner, seinen Lernprozess und seine Lernvoraussetzungen als Grundlage für den Lernerfolg zueinander in Bezug zu setzen. Das spielt beispielweise eine besondere Rolle bei der Betrachtung des Lernens naturwissenschaftlicher Konzepte. Naturwissenschaftliche Konzepte stehen Alltagskonzepten häufig entgegen und müssen diese ersetzen oder erweitern. Letzteres wird im Rahmen der Konzeptwechseltheorie (Conceptual Change) versucht aufzuklären (vgl. Posner 1982, Duit 2000, Schnotz 2001, Krüger 2007).

² Auch Fähigkeiten sind nach Ansicht mancher Psychologen erlernbar. Häufig werden Fähigkeiten aber als gegebene Konstanten angesehen.

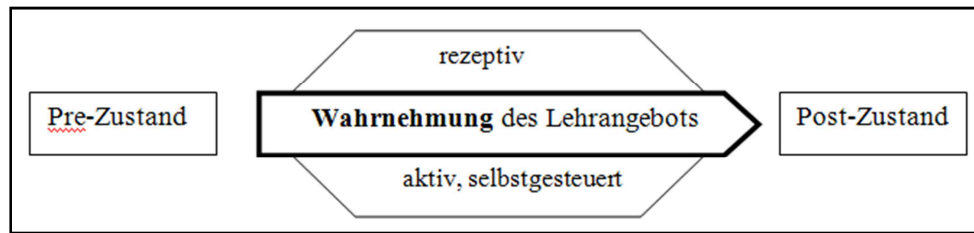


Abbildung 2.1.1 Vereinfachtes Schema zum Lernen

Unter Wahrnehmung des Lehrangebots wird in diesem Zusammenhang verstanden, was der Lerner aus dem Lehrangebot nutzt. Das hängt natürlich auch davon ab, welche Informationen des Lehrangebots überhaupt den Lerner erreichen. Der Wahrnehmung der Informationen über unterschiedliche Sinneskanäle (visuell, auditiv, haptisch) kommt dabei eine große Bedeutung zu. Wahrnehmung bedeutet hier, dass manche Informationen nur beachtet werden, wenn für diese Anknüpfungspunkte beim Lerner vorhanden sind. Wahrnehmung und Interpretation des Lernangebots führen schließlich beim Lerner zu den schon anfangs erwähnten motivationalen, emotionalen und volitionalen Prozessen, den sogenannten Mediationsprozessen (Helmke 2009, S. 74).

Wie in der Abbildung 2.1.1 zu sehen ist, kann zwischen rezeptivem und aktivem, selbstgesteuerten Lernen unterschieden werden. Dabei bedeutet rezeptiv, dass der Lerner den Lerninhalt und dessen Darstellung kaum beeinflussen soll, die angebotenen Lerninhalte sollen in erster Linie zu einem späteren Zeitpunkt reproduziert werden können (Edelmann 2000, S. 138). Im schulischen Unterricht bedeutet das beispielsweise für einen Schüler, dass er einem Lehrervortrag zuhört. Zuhören ist sicherlich auch eine Aktivität, mit der sich der Lerner gegenüber dem Lehrangebot verhält. Unter aktivem Lernen wird jedoch verstanden, dass der Lerner seinen Lernprozess durch Interaktion mit der Lernsituation und den Lerngegenständen beeinflusst. Beispiele für aktivierende Lernformen im Unterricht gibt es viele, u.a. entdeckendes Lernen, kooperatives Lernen, selbstgesteuertes Lernen oder exploratives Lernen. Alle Formen lassen sich auch in der naturwissenschaftlichen fachdidaktischen Forschung und Lehre wiederfinden (vgl. 1995, v. Aufschnaiter & Welzel 1997, Giest 1999, Anton 2008 S.12 ff.).

2.2 Angebots-Nutzungsmodell nach Helmke

Letztendlich ist Lernen ein weiter Begriff, der zudem „stets in einem ganz bestimmten Kontext“ stattfindet, „und dieser Kontext ist auch entscheidend, um das Phänomen Lernen zu verstehen.“ (Mandl et al. 1995, S.9). In der Schule stellt Unterricht den wichtigsten Kontext zum Lernen dar. Dieser ist geprägt durch das Lehrangebot, das i.d.R. durch den Lehrer z.B. in Form einer Lernumgebung zum Lernen bereitgestellt wird. Dabei sind Lehren und Lernen keine tautologischen Begriffe, da die Wahrnehmung des Lernangebots durch den Lerner nur bedingt und nicht umfassend kontrollierbar und damit voraussagbar ist. Die hohe Anzahl an variierenden Faktoren, die letztendlich Einfluss auf den Lernprozess haben können, lässt sich im Angebots-Nutzungsmodell (siehe Abbildung 2.2.1) der Wirkungsweise des Unterrichts nach Helmke (2009, S. 76) ablesen. Innerhalb dieses Modells führt Helmke sechs Bereiche auf - *Lehrperson, Unterricht, Familie, Lernaktivitäten, Kontext und Wirkungen*- die miteinander das Lernen in der Schule beeinflussen. Hinsichtlich der Optimierung von Lernprozessen, stellt sich die Frage, an welcher

Stelle sich die Lernaktivitäten am besten kontrollieren und steuern lassen. Da die Bereiche Lehrperson, Familie und Kontext als relativ konstant angesehen werden können, bilden sie damit Rahmenbedingungen für einen inneren Zusammenhang des (täglichen) unterrichtlichen Lehrangebots und den Lernaktivitäten. Helmke misst an dieser Stelle den Mediationsprozessen besondere Bedeutung zu, diese entscheiden ob und welche Lernaktivitäten auf Schülerseite aus dem Unterrichtsangebot resultieren. Die Mediationsprozesse können situativ verschieden sein, sodass die Voraussage von Lernaktivitäten schwerer kontrollierbar ist.

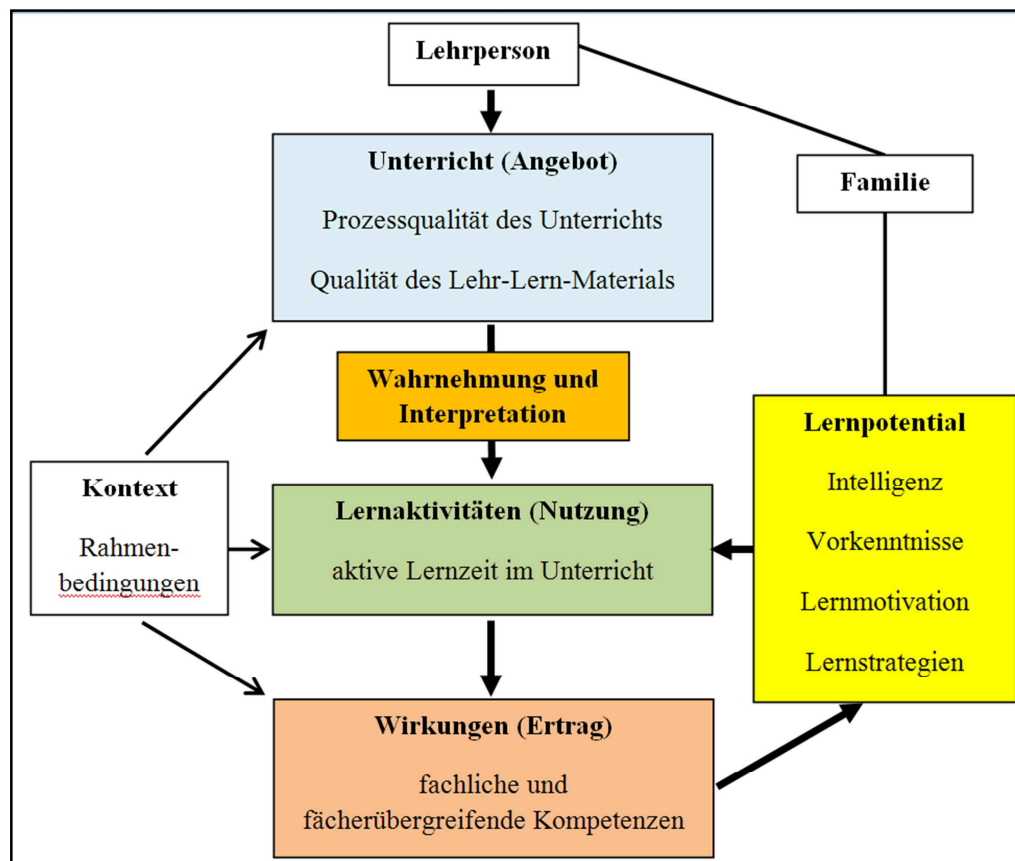


Abbildung 2.2.1. Angebots-Nutzungsmodell nach Helmke (verändert 2009, S. 73)

Nicht deutlich wird in diesem Modell, inwieweit individuelle Voraussetzungen (Teil des Lernpotentials) wie Vorkenntnisse, Motivation etc. im unterrichtlichen Angebot berücksichtigt werden. Dass diese berücksichtigt werden sollten, um einen Lernerfolg zu gewährleisten, ist bekannt. Herausragende Determinanten sind Intelligenz, Vorwissen, Selbstkonzept und Motivation, die im nächsten Absatz kurz erläutert werden.

2.3 Individuelle Bedingungsfaktoren

Helmkes Modell führt im Bereich Lernpotential eine Reihe von Faktoren auf, die Einfluss auf die Lernaktivitäten ausüben. Diese Faktoren sind interindividuell verschieden und werden deshalb auch als individuelle Bedingungsfaktoren der Schulleistung bezeichnet. Die Untersuchung dieser Bedingungsfaktoren ist ein gut erforschtes Feld. Heller (1997) fasst als Ergebnistrends zusammen, dass Schulleistung multikausal determiniert ist, jedoch haben die kognitiven Bedingungsfaktoren kognitive Fähigkeiten (i.d.R. als Intelligenz ermittelt) und Vorwissen den größten Einfluss auf den Lernerfolg. Trotzdem können diese

beiden Größen den Lernerfolg nicht hinreichend erklären, da auch motivationale Persönlichkeitsmerkmale eine Rolle spielen (Heller 1997, Wild et al. 2006).

Das psychologische Konstrukt Intelligenz ist der bedeutendste Faktor der kognitiven Fähigkeiten. Für die Intelligenz wird häufig die Definition nach Wechsler (1956, S. 13) zur Grundlage genommen. Demnach ist Intelligenz *„die zusammengesetzte oder globale Fähigkeit des Individuums zielgerichtet zu handeln, rational zu denken und sich mit seiner Umwelt auseinanderzusetzen.“*

Bestimmt wird Intelligenz häufig durch einen Intelligenztest, der zu einem Wert, dem sogenannten Intelligenzquotienten (IQ) führt. Intelligenztests werden normiert, sodass der IQ-Wert einer Person eine gegenüber anderen Personen oder Gruppen von Personen vergleichende Einschätzung der kognitiven Fähigkeit (Intelligenz) erlaubt (siehe Kapitel 4.2.5). Es wird davon ausgegangen, dass sich intelligenterer Lerner besser auf neue Aufgaben einstellen und dazu effektiver Lösestrategien entwickeln können, als weniger intelligente Lerner. Intelligenterer Lerner scheinen sich zudem besser und mehr vernetztes, multipel repräsentiertes und flexibel einsetzbares Wissen anzueignen, das sie in weiteren Lernprozessen nutzen (Helmke & Schrader 1998).

Letzteres bedeutet, dass das Vorwissen eine wichtige Rolle für Lernprozesse einnimmt. In Piagets Theorie der kognitiven Entwicklung erfolgt die Adaption an die Umwelt durch die komplementären Prozesse Assimilation und Akkommodation. Im Prozess der Akkommodation erfolgt die Aufnahme eines neuen Gegenstandes in bereits vorhandene Konzepte. Dafür werden Ankerpunkte im Vorwissen benötigt, an denen sich neues Wissen andocken kann. Die Assimilation kann hingegen zur Ausbildung falscher Vorstellungen führen (vgl. Montada 1998). Hier wird der Prozess der Akkommodation nötig, das bedeutet eine Restrukturierung des Wissens, um sich der Wirklichkeit anzupassen. Besonders deutlich wird dieser Prozess in der Gegenüberstellung von Alltagsvorstellungen und fachlich korrekten Vorstellungen (vgl. Conceptual Change Kapitel 2.1 und 2.6.1). Besonders wichtig erscheint das Vorwissen auch für den Ansatz des kumulativen Lernens von Gagné, bei dem versucht wird behavioristische und kognitive Aspekte des Lernens miteinander zu verbinden (Reinmann & Mandl 2006). Im naturwissenschaftlichen Unterricht wird zu wenig kumulativ gelernt (Sumfleth et al. 2006).

Zusammengenommen ist Intelligenz die Grundvoraussetzung für Lernerfolg, jedoch scheint vorhandenes Vorwissen für weitere Lernleistungen noch bedeutsamer zu sein. So kann z.B. ein intelligenzbedingter Lernnachteil eines Lerners über ein differenziertes, bereichsspezifisches Wissen kompensiert werden (Wild et al. 2006).

Neben den kognitiven Bedingungsfaktoren beeinflussen auch nicht kognitive Faktoren das Lernen. Hier zählen zu den besonders starken Einflussfaktoren das Fähigkeitsselbstbild, affektive Einstellungen zum Lernen und das Interesse (Helmke & Schrader 1998, Rustemeyer 2004).

Das Fähigkeitsselbstbild oder auch Selbstkonzept kann definiert werden als Gedächtnisstruktur, *„die alle auf die eigene Person bezogenen Informationen enthält. Es schließt unter anderem das Wissen über die eigenen Kompetenzen, Vorlieben und Überzeugungen ein“* (Wild et al. 2006, S. 225). Die Wirkung des Selbstkonzepts auf die Lernleistung ist unklar, es gibt aber Hinweise darauf, dass Lerner, die von ihren eigenen Fähigkeiten überzeugt sind, auch bessere Lernleistungen zeigen (Helmke & Schrader 1998). Umgekehrt gibt es deutlichere Zusammenhänge. Lerner, die gute Lernerfolge verzeichnen, steigern ihr Selbstkonzept (Wild et al. 2006).

Ein weiteres wichtiges motivationales Konstrukt ist die Lernmotivation, die eine Ausprägung der affektiven Einstellungen zum Lernen darstellt (Helmke & Schrader 1998). Motivation kann als „aktivierende Ausrichtung des momentanen Lebensvollzugs auf einen

positiv bewerteten Zielzustand“ definiert werden (Rheinberg 2004, S. 15). Zwischen Leistungsmotivation und Lernen besteht ein positiv korrelativer Zusammenhang, das bedeutet eine hohe Motivation fördert das Lernen (Wild et al. 2006). Das Interesse stellt eine besondere Art der Lernmotivation dar, bei der die Beziehung einer Person zu einem Gegenstand im Mittelpunkt der Aufmerksamkeit durch die Person steht. Bei einem hohen Interesse werden kaum zusätzliche motivationale Anreize benötigt, was sich erschließt, wenn Interesse als Bestandteil der intrinsischen Motivation verstanden wird. In den naturwissenschaftlichen Fächern lässt sich im Laufe der Schulzeit eine deutliche Abnahme des Interesses am Fach feststellen (Rustemeyer 2004).

2.4 Lehr-Ansätze in der Gestaltung von Lernumgebungen

Welche Lernmöglichkeiten dem Lerner durch das Unterrichtsangebot eröffnet werden, wird wesentlich durch die Lehrperson bestimmt. Diese schafft eine Lernumgebung, die aus einem Arrangement von Unterrichtsmethoden, Unterrichtstechniken, Lernmaterialien und Medien besteht (Reinmann & Mandl 2006). Die Komposition dieser Elemente kann dabei eine der zwei konträren Positionen zum Lernen einnehmen: Eine gegenstandorientierte Lernumgebung folgt dem Primat der Instruktion, während eine situierte Lernumgebung dem Primat der Konstruktion anhängt. Instruktion betont die Lehrperspektive, bei der dem Lerner sowohl die Lerngegenstände als auch die Zugänge zu diesen vorgegeben werden. Eine enge Führung des Lerner hat sich besonders im Ansatz des Instructional-Designs manifestiert, bei dem eine strikte rationale, systematische Planung und Durchführung aller Lehr-Lernperspektiven vorherrscht (Reinmann & Mandl 2006, vgl. auch Issing 2002).

Bei der situierten Lernumgebung liegt der Schwerpunkt auf der Förderung von Lernaktivitäten, da davon ausgegangen wird, dass durch diese der Lerner seine Wissensstrukturen bzw. Verhaltensänderungen selbst konstruiert bzw. konstruieren soll. Ein typischer konstruktivistischer Ansatz ist beispielsweise die Cognitive Flexibility Theory. Während es eine übliche didaktische Strategie ist, vom Einfachen zum Komplexen vorzugehen, versucht die Cognitive Flexibility Theory (CFT) nach Spiro (1988) einen theoretischen Rahmen zu geben, der nicht versucht die Komplexität zu vereinfachen und damit z.B. Fehlkonzepte durch zu starke Vereinfachungen vermeidet. Bezogen auf den Lernprozess soll daher bei der CFT mit Hilfe von multiplen Repräsentationen und unterschiedlichen Falldarstellungen zum Lerngegenstand ein flexibles Wissen und Anwendungsvermögen aufgebaut werden (Schnurer & Mandl 2004). Einerseits stellt damit die CFT einen konstruktivistischen, situierten Ansatz für den Wissenserwerb dar, sie kann aber zugleich auch als Instruktionsansatz verstanden werden, mit dem sich die Gestaltung nicht-linearer hypermedialer Lernumgebungen realisieren lässt (Zumbach & Rapp 2001). Die CFT bietet bisher wenige bzw. nur schwache Evidenzen, was u.a. an der geringen Anzahl an Untersuchungen liegen mag. Gleichwohl eignet sie sich für einen plausiblen didaktischen Leitfaden für hypermediale bzw. multimediale, komplexe Lernumgebungen, beispielsweise haben Hildebrandt (2007) den Ansatz des CFT benutzt um u.a. die Wirkung multi-perspektivischer Wissensrepräsentationen auf das Verständnis des globalen Kohlenstoffkreislaufs anhand einer hypertextbasierten Lernumgebung zu untersuchen.

Die Begriffe Instruktion und Konstruktion werden häufig dogmatisch als Gegenpositionen verstanden, wie aber schon bei der CFT angeklungen ist, „ist eine Lernumgebung [...] immer instruktional, da sie einen Teil der Außenwelt darstellt, der der Lernende ausgesetzt ist“ (Riemeier 2007, S.73). Nach Reinmann & Mandl (2006) lassen sich daher die beiden

extremen Positionen in einer Reihe von Gestaltungsprinzipien für Lernumgebungen vereinigen:

- Lernprozesse sollten von authentischen Problemsituationen ausgehen, damit sie für die Lernenden aufgrund ihrer Bedeutsamkeit einen Anreiz bieten, sich mit bestimmten Fragestellungen auseinander zu setzen. Das bedeutet folglich, dass Wissen immer situativ und kontextgebunden erworben wird.
- Kontextspezifisch erworbenes Wissen sollte nicht auf einzelne Situationen beschränkt bleiben, es sollte derselbe Inhalt in unterschiedliche Kontexte eingebettet werden, um den Transfer und den flexiblen Umgang von und mit Wissen zu erleichtern.
- Neben multiplen Kontexten sollten auch unterschiedliche Perspektiven auf einen Inhalt aufgeführt werden (multiple Perspektiven)
- Lernen ist ein Prozess, der neben der individuellen und selbstgesteuerten Konstruktion von Wissensstrukturen immer in soziale Kontexte eingebettet ist.
- Lernen bedarf der instruktionalen Unterstützung durch den Lehrenden bzw. das Lehrangebot.

(verändert nach Herzig 1999)

In den naturwissenschaftlichen Fachdidaktiken ist der konstruktivistische Ansatz weit verbreitet, Fischler (2007, S. 246) hält dazu fest: *„Es gibt in den naturwissenschaftlichen Fachdidaktiken wohl keine Position, die so unumstritten akzeptiert ist wie die konstruktivistische Sichtweise [...]“*. Weiter führt Fischler (S.247) aus, dass der breite Konsens über die Art der Wissenskonstruktion ausgehend vom Vorwissen dazu führt, dass in den naturwissenschaftlichen Fächern die Lernumgebungen über das Angebot-Nutzungsmodell hinausgehen, da von den Lernenden neues Wissen konstruiert wird. Für die konstruktivistische (Lern-) Perspektive ist es immer eine zentrale Frage, wie groß der Freiheitsgrad des Lernenden ist, sich aus dem Lernangebot Wissen selbstbestimmt aneignen zu dürfen. Der Freiheitsgrad ist kleiner, wenn die enthaltende Instruktion der Lernumgebung intensiv und eng vorgibt, was zu tun ist. Ein großer Freiheitsgrad benötigt mehr Aktivität und Selbststeuerung durch den Lernenden. Der Lernerfolg ergibt sich jedoch nicht pauschal aus der Anwendung der einen oder anderen didaktischen Strategie. Vielmehr ist diese vom synergetischen Zusammenspiel dieser Strategien und von den Eigenschaften des Lerngegenstands selbst abhängig. Eine Eigenschaft des Lerngegenstands wirkt sich in der Regel erschwerend aus: eine hohe Komplexität.

Der konstruktivistischen Sichtweise liegt zu Grunde, dass jede Form von Lernen individuell ist (vgl. Bräu 2007) und „nur individuelles Handeln in einer entsprechend geeigneten Lernumgebung [...] Lernen zur Folge haben kann“ (von Aufschnaiter & von Aufschnaiter 2005, S. 244). Im folgenden Kapitel wird daher eine Bestandsaufnahme zum individuellen Lernen im Unterricht dargestellt.

2.5 Individualisierender und adaptiver Unterricht

Wie schon in der Einleitung angeführt wurde, zeigt die Schul- und Unterrichtsforschung in Deutschland, dass in der schulischen Realität und insbesondere im naturwissenschaftlichen Unterricht eine tatsächliche Individualisierung i.d.R. nicht stattfindet. Lehrer sehen sich nicht in der Lage, jeden einzelnen Schüler entsprechend seiner individueller Voraussetzungen und Bedürfnisse angemessen adaptiert zu unterrichten (vgl. Hänze 2009, IfD

Allensbach 2011).³ Begründungen für die Notwendigkeit individueller Förderung bzw. individualisierenden Unterrichts sind bereits einschlägig publiziert worden. Als Hauptbegründungsstränge sind hier die konstruktivistische Lerntheorie und der derzeitige Heterogenitätsdiskurs zu nennen. Charakteristische Beschreibungen zum individualisierenden Unterricht lauten beispielsweise:

„Lehrkräfte sollen differenzierende Lernarrangements anbieten, bei denen durch den variablen Einsatz von Methoden, Sozialformen und Materialien die Lernwege der Einzelnen so gestaltet werden, dass eine optimale Passung zu deren individuellen Bedürfnissen erreicht wird“ (Trautmann & Wischer 2008, S.16).

Die Idee der Differenzierung stammt aus den 60/70er Jahren und verfolgt das Ziel homogene Lerngruppen zu bilden. Hier gibt es zwei systematische Ansätze, die äußere und innere Differenzierung. Die äußere Differenzierung wird im deutschen Schulsystem durch die verschiedenen Schulformen realisiert. Hier wird versucht, die Lerngruppen bezüglich ihrer Leistungsverteilung zu homogenisieren. Diese Maßnahmen sind, wie die Schulleistungsstudien PISA und IGLU zeigen, wenig effizient, da trotz weiterer Homogenisierungsbestrebungen (wie z.B. zusätzlich Maßnahmen: Sitzenbleiben, Springen, Schulformwechsel) deutsche schulische Lerngruppen heterogen bleiben. Dies lässt sich z.B. anhand der Schullaufbahnpräferenzen in Bezug zu den Schulleistungen bzw. Kompetenzstufen in IGLU 2006 ablesen. So gibt es in der Hauptschule einen nicht zu vernachlässigen Anteil an Schülern, die die gleiche oder sogar höhere Kompetenzstufe erreichen als der Durchschnitt der gymnasialen Schüler (Arnold et. al 2007). Umgekehrt verhält es sich entsprechend. Ein weiterer Indikator ist die überdurchschnittliche Streubreite in den Ergebnissen zur naturwissenschaftlichen Leistung in PISA 2006 (Rönnbeck et. al 2008). Ein gleiches Bild zeigte sich in den vorangegangenen Studien, sodass als Konsequenz schon in PISA 2003 gefordert wurde, dass im Hinblick auf naturwissenschaftliche Kompetenz „Möglichkeiten des Umgangs mit leistungsheterogenen Lerngruppen im Unterricht weiter untersucht und eingesetzt werden“ sollten (Rost 2004, S. 145). Im Unterricht selbst wird das Prinzip der inneren Differenzierung propagiert:

„– auf der unterrichtlichen Ebene – bedeutet Individualisierung des Lernens innere Differenzierung in besonders konsequenter Weise. Unter innerer Differenzierung werden Maßnahmen verstanden, die zumindest zeitweilig die Teilung der Schülerinnen und Schüler einer Klasse in Untergruppen ...“ (Bräu 2005, S. 131).

Trotz dieser theoretischen Ansätze zur Differenzierung, wird im Unterrichtsalltag überwiegend ein einheitlicher, instruktionaler Unterricht vorgezogen, mit der Konsequenz, dass aufgrund des gleichschrittigen Vorgehens die individuellen Voraussetzungen und Bedürfnisse zu wenig berücksichtigt werden (Wellenreuther 2007, S. 439). Auch Helmke (2009, S. 255) führt empirische Studien an, die zeigen, dass eine Differenzierung und Individualisierung im Unterricht kaum stattfindet. Das scheint auch auf den naturwissenschaftlichen Unterricht zuzutreffen, da *„im herkömmlichen Naturwissenschaftsunterricht der Schwerpunkt... auf der Vermittlung von Inhalten durch Lehrervorträge und Demonstrationsexperimente“* liegt (Kobarg et al. 2008).

Betrachtet man hierzu die Untersuchungen der naturwissenschaftlichen Fachdidaktiken, so lassen sich bisher verhältnismäßig wenige Ansätze zum Umgang mit Heterogenität und

³ Die Gründe für diesen Missstand sind sehr unterschiedlich, angefangen bei einer mangelnden Diagnosekompetenz der Lehrer bis hin zum Mangel einer ausreichenden Anzahl an adäquaten, praxiserprobten Unterrichtskonzepten und Unterrichtsmaterialien.

individualisierendem Unterricht feststellen (vgl. Becker 2009, Stäudel 2009a, Duit 2007, Gräsel & Parchmann 2004). In den praxisorientierten Bildungsprogrammen von SINUS und IMST (vgl. Krainer 2007) lassen sich integrierte Ansätze z.B. für den Umgang mit Leistungsheterogenität im Kontext von kooperativem Lernen finden (vgl. Hänze & Berger 2009). Weitere Ansätze bestehen z.B. zur inneren Differenzierung mit Hilfe von gestuften Lernhilfen (Hänze, M. et. al 2007, Stäudel 2009b), über Aufgaben (Bernholt et al. 2009), Schülerexperimente (Di Fuccia 2007) oder aber der Berücksichtigung individueller Schülervorstellungen (vgl. Petermann et. al 2009, Marohn 2009). Ein expliziter Ansatz einer individualisierenden Unterrichtskonzeption mit Hilfe computerbasierter Lernumgebungen findet sich bei Kohnen & Stachelscheid (2006) und Warbruck & Stachelscheid (2010). Zusammengefasst muss festgestellt werden, dass aufgrund dieser wenigen und in der Regel eng gefassten Forschungsansätze ein deutliches Forschungsdesiderat im Hinblick auf eine gezielte Entwicklung von Möglichkeiten der individuellen Förderung im Chemie- und Naturwissenschaftsunterricht besteht. Entsprechend ist die eingangs dargestellte Definition zum individualisierenden Lernen auf eine veränderte Unterrichtsgestaltung hin ausgerichtet, die aus der Notwendigkeit eines produktiven Umgangs mit Heterogenität resultiert. Es bleibt die Frage, wie individualisierender Unterricht unter Berücksichtigung der Lernervoraussetzungen praktisch und effektiv hinsichtlich der im Regelunterricht zur Verfügung stehenden Ressourcen und organisatorischen Rahmenbedingungen umgesetzt werden kann.

Die Definitionen zum individualisierenden Lernen geben zu unkonkrete Hinweise für die praktische unterrichtliche Umsetzung. Allgemein wird postuliert, dass die individuellen Bedürfnisse eines jeden Lernalters z.B. mit Hilfe passender Methoden und Materialien bedient werden sollen. Das Konzept des adaptiven Unterrichts gibt hier zunächst engere Leitlinien zur Operationalisierung der dargestellten Ziele. Weinert (1997) kennzeichnet adaptiven Unterricht durch differenzielle auf den einzelnen Lerner zugeschnittene Lernziele, Lehrstrategien und Instruktionen. Daraus ergibt sich, dass die individuellen Bedürfnisse des Lernalters zuvor diagnostiziert werden müssen. Da die Gestaltung eines individualisierenden Lernarrangements durch den Lehrer erfolgt, setzt das eine Reihe von Kompetenzen beim Lehrenden voraus. Zu den wichtigsten Lehrkompetenzen gehören neben diagnostischer Kompetenz, Sachkompetenz und didaktische Kompetenz, die nach Beck (2008, S. 37)⁴ als adaptive Lehrkompetenz zusammen wirksam werden müssen. Die hohe Bedeutung der einzelnen Kompetenzen ist klar, hinzu kommt aber die Fähigkeit, diese Kompetenzen synergetisch zu nutzen, um adaptiven Unterricht zu gewährleisten.

In der Unterrichtspraxis können diese vielfältigen Anforderungen schnell zu einer Überforderung der Lehrer führen, bzw. ist es nicht absehbar, wie z.B. bei einer Lerngruppengröße von 20-30 Personen überhaupt auf jeden einzelnen entsprechend seiner Voraussetzungen (die zuvor auch diagnostiziert sein wollen) eingegangen werden kann. Eine Möglichkeit wäre es, den adaptiven Ansatz nach Beck auf einen lernalterspezifischen Bereich z.B. entsprechend des Ansatzes von Leutner (Leutner 1992, Klauer & Leutner 2007 S. 319 ff.) zu reduzieren. Leutner betrachtet verschiedene Adaptionsprinzipien, die sich an dem Zweck und der Art der Realisation orientieren. Ein Zweck der Adaption könnte demnach sein, die Selbstregulation des Lernalters zu unterstützen. Ein anderes Adaptionsprinzip stellt die Regulierung der Lernzeit dar. Für den naturwissenschaftlichen Unterricht ergeben sich

⁴ Nach Beck (2008) sind es vier Dimensionen der Lehrkompetenz: Sach-, diagnostische-, didaktische- und Klassenführungskompetenz

zusätzliche Herausforderungen, adaptiv und damit individuell vorgehen zu können. Besonders herauszustellen ist hier das Experiment, das als zusätzliches Medium oder Methode zum Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte eine zentrale Rolle spielt. Daran gebunden ist die individuelle Experimentierkompetenz, die sich nicht nur aus kognitiven sondern auch aus affektiven und psychomotorischen Anforderungen zusammensetzt, sodass allein hier vielfältige Adaptionsszenarien denkbar sind, denen bei der Unterrichtsgestaltung begegnet werden müsste. Vielleicht liegt hier ein Grund dafür, dass sich der Lernerfolg durch Schülerexperimente in der fachdidaktischen Forschung unterschiedlich darstellt (vgl. Fischer et. al 2005, Hopf & Broksch 2006, von Aufschnaiter & Riemeier 2005, Höttecke 2007). Vielleicht ist nicht jedes Experiment für jeden Schüler im Sinne eines Medium oder einer Methode passend.

Hinzu kommen die teilweise kognitiv sehr anspruchsvollen Konzepte wie die Teilchenvorstellung, chemische Reaktion und Energie. Diese müssen häufig im Rahmen der Konzeptwechseltheorie von Alltagsvorstellungen gelöst und in Fachkonzepte überführt werden. Den Einfluss der Passung zwischen dem Lernangebot und den Schülerleistungen untersuchten Lau et. al (2009) innerhalb des Projekts „Vertikale Vernetzung und kumulatives Lernen im Chemie- und Physikunterricht“. Hier zeigen sich keine einheitlichen Ergebnisse in Bezug auf eine gute Passung und bessere Lernleistungen. Allerdings zeigte das Kriterium der individuellen Lernunterstützung erwartungsgemäß einen positiven Effekt.

Die Lernaktivität hängt im Angebots-Nutzungsmodell von den Mediationsprozessen beim Lerner ab. Diese sollten folglich im Sinne des Konstruktivismus individuell unterschiedlich ablaufen. Damit sollte sich die Individualität auch in dem scheinbar trivialen Begriff Lernweg widerspiegeln. Der Begriff Lernweg wird zwar in der Literatur häufig benutzt, es fehlt jedoch eine eindeutige Definition. Deshalb werden im folgenden Abschnitt die schon bekannten Konzepte zum Lernweg vorgestellt und in einem eigenen Vorschlag zum Lernweg zusammengeführt.

2.6 Begriffsbestimmung Lernwege

Häufig werden Lernwege eher aus der Lehrperspektive betrachtet, das bedeutet, der Fokus liegt in der Auswahl, Gestaltung und Strukturierung der Lerngegenstände. Zugrunde liegen die didaktischen und methodischen Leitziele, die sich an folgenden Fragen orientieren:

Welches Wissen und welche Fertigkeiten sollen gelernt werden?

→ Didaktische Perspektive

Wie sollen Wissen und Fertigkeiten zugänglich gemacht werden?

→ Methodische Perspektive

Weniger häufig steht der Lernprozess im Blickpunkt, der sich nicht an den Gegenständen orientiert sondern an den Lernern selbst:

Auf welche Art und Weise manifestieren sich Wissen und Fertigkeiten?

→ Lernprozess Perspektive

Schon anhand der didaktischen Perspektive zeigt sich, dass mannigfaltige Aspekte beachtet werden können bzw. auch müssen, wie z.B. Überlegungen zu Quantität und Qualität der Lerngegenstände. Entsprechend verhält es sich bei der methodischen Perspektive. Darüber hinaus muss jedoch kritisch gefragt werden, ob die didaktische und methodische Perspektive ohne Beachtung der Lernprozesse überhaupt ausreichend sein können. Beispielweise stellt sich die Frage, ob Lernen stattgefunden hat, wenn es einen Lernprozess gab, der sich jedoch nicht in einem überprüfbaren Zuwachs an Wissen und Fertigkeiten äußert? Im Folgenden soll nun der Begriff Lernweg bezüglich der drei Perspektiven näher erläutert werden, wie sie in Abbildung 2.6.1 als Übersicht aufgeführt sind, da sich hier die in der Literatur gängigen Begriffsverständnisse wieder finden lassen. Dabei muss vorweg festgehalten werden, dass je nach Autor uneinheitlich von Lernweg oder Lernpfad gesprochen wird.

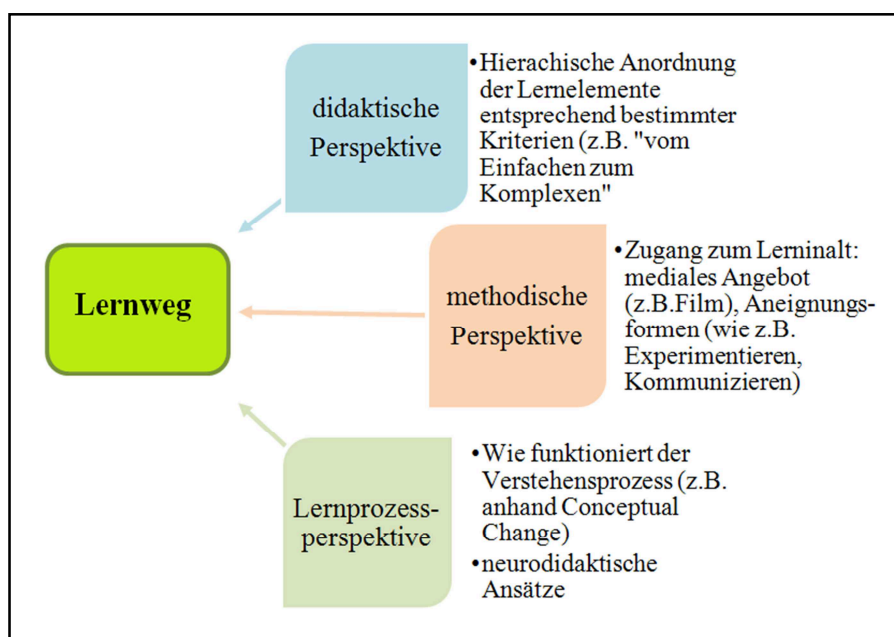


Abbildung 2.6.1 Unterschiedliche Lernweg-Perspektiven

2.6.1 Die didaktische Perspektive

In diesem Zusammenhang ist der Lernweg durch die Auswahl, Aufbereitung und Anordnung des Lernstoffs gekennzeichnet. Kleiter und Petermann (1977) haben bereits in den 70er Jahren Lernwege abgebildet und sind davon ausgegangen, dass *„die Auswahl und mehr oder weniger optimale Anordnung von Lernschritten bzw. optimale Hierarchisierung der Lernelemente selbst“* ein wichtiger Umstand für den Lernerfolg von Schülern ist.

Anhand von Unterrichtsmaterialien lassen sich didaktische Lernwege oft leicht festmachen, so zeigt sich ein Lernpfad für Embacher (2003) als *„Abfolge von „Lernschritten“, wobei ein Lernschritt aus einem Titel, ggf. einer Web-Adresse, einem Beschreibungs- oder Aufgabentext und einigen zusätzlichen Kennzeichnungen besteht“*. Wonach sind nun diese Lernwege aufgestellt, d.h. gibt es Regeln für die Reihenfolge und den Aufbau von Lernschritten? Kleiter und Petermann (1977, S.77) gehen davon aus, dass Lehrende *„über ein Repertoire impliziter Lernwegtheorien“* verfügen, ohne jedoch diese Lernwegtheorien weiter zu vertiefen.

Für die Auswahl des Lernstoffs und dessen Aufbereitung gibt es eine Reihe von didaktischen Leitprinzipien z.B. die didaktische Reduktion, mit deren Hilfe Sachwissen im Hinblick auf die Verständnisebene des Lernalers selektiert und transformiert wird. Oft wird hier auch von einer Elementarisierung gesprochen (vgl. Pfeifer 2002, Reinhold 2006). Viele dieser didaktischen Prinzipien leiten sich aus pädagogischen und lernal-psychologischen Theorien ab, wie z.B. „vom Einfachen zum Komplexen“ oder die Gestaltungsgesetze für den Aufbau von Demonstrationsexperimenten. Gerade der naturwissenschaftliche Unterricht orientiert sich häufig an der Sachstruktur, als eine übergeordnete Struktur. Diese wird oft trotz didaktischer Aufbereitung (z.B. Sachstrukturanalyse⁵, didaktische Reduktion) beibehalten. Betrachtet man Schulbücher für Chemie oder Physik als Medien, die didaktische Lernwege darstellen, so kann man die offensichtliche starke Sachstrukturgebundenheit feststellen. Bei der bis jetzt vorgestellten didaktischen Perspektive kann auch anstatt von Lernweg durchweg von Lehrweg oder besser Lehrgang⁶ gesprochen werden. So gesehen stellen auch Lehrpläne eine Art Lernwege dar. Der Begriff Didaktik verstanden als „Kunst der Lehre“ führt streng genommen zum Begriff Lehrweg, da bei Lernwegen aus didaktischer Perspektive immer die Annahmen, Entscheidungen und Ausführungen der Lehrenden im Mittelpunkt stehen. Der Lernaler spielt dabei eine untergeordnete Rolle.

2.6.2 Die methodische Perspektive

Bei der methodischen Perspektive steht im Mittelpunkt wie, d.h. auf welche Art und Weise sich Lernaler Lerngegenstände erschließen. Hier nehmen Sachstrukturen, also die Inhalte, keine dominierende Position mehr ein, stattdessen rücken Lernalaktivitäten des Lernalers selbst in den Vordergrund (Hempel 2002). Damit wird der Lernaler zum Akteur des Lernwegs, dem Lehrenden verbleibt die Aufgabe die „*Lernwege zu zeigen und zu ermöglichen aber nicht vorzugeben*“ (Hempel 2002, S. 13). Natürlich kann auch in diesem Zusammenhang eine didaktische Aufbereitung der Gegenstände weiterhin nötig sein, allerdings beziehen sich die didaktischen Entscheidungen der Lehrenden intensiver auf die Gestaltung und Ermöglichung von Zugängen zum Inhalt. Welche typischen Zugänge bieten sich dem Lernaler zum Lerngegenstand? Frederic Vester (2002) prägte hierzu die vier Lerntypen, die sich an die Sinneswahrnehmungen anlehnen:

- Auditiv – Visuell – Haptisch – Kognitiv

Empirische Befunde für bestimmte Lerntypen oder die Präferenz einer Darbietungsform liegen jedoch nicht vor (vgl. Looß 2007). Eine Ursache für die Schwierigkeit eindeutige Lerntypen zu bestimmen ist, dass Sachstrukturen eben keine eindeutigen methodischen Zugänge implementieren. Lernalaktivitäten und Aneignungsformen sind vielmehr (Czech/Schwier 2003):

⁵„Sachstrukturanalyse: Aus dem Geflecht der sachstrukturellen Zusammenhänge folgt die „didaktische“ Struktur.“ (Pfeifer et al 2002, S.241), „Leitfragen zur didaktischen Analyse – I. Welchen größeren bzw. welchen allgemeinen Sinn- und Sachzusammenhang vertritt und erschließt dieser Inhalt?“ (Reinhold 2006, S.97)

⁶Der Begriff Lehrweg steht im Alltag meistens für einen Rundgang in der Natur, bei dem an verschiedenen Stationen ökologische Zusammenhänge dargestellt werden. Der Begriff Lehrgang ist oft mit einer mehr oder weniger spezifischen Veranstaltung zur Fortbildung verbunden.

- Wahrnehmen und Beobachten, Experimentieren
- Erkunden und Entdecken
- Kommunizieren und Kooperieren
- Planen

Lernwege mit methodischer Perspektive beinhalten deshalb i.d.R. über die Sinneswahrnehmungen hinausgehend Lernstrategien. Diese definiert Wild (2001, S. 424) als „*Verhaltensweisen und Kognitionen [...], die von Lernenden aktiv zum Zweck des Wissenserwerbs eingesetzt werden.*“ Entsprechend dieser Definition kann eine Lernstrategie auch als ein Lernweg unter methodischer Perspektive verstanden werden. Unter der methodischen Perspektive ergeben sich damit vielfältige Lernwege, sodass sich nicht nur aus Lintersicht verschiedene Erschließungsmöglichkeiten eines Lerngegenstands anbieten, sondern es lassen sich auch unterschiedliche Lernniveaus z.B. in Abhängigkeit von einfachen oder schweren Lernstrategien, die der Lerner anwendet, erreichen. Die Berücksichtigung von Lernstrategien zeigt den starken Bezug von Lernwegen zu Lernprozessen, was im nächsten Abschnitt thematisiert wird.

2.6.3 Die Lernprozess Perspektive

Während die methodische Perspektive Lernwege als Ergebnis didaktischer Entscheidungen des Lehrenden (d.h. Erstellung des Input für den Lerner) in die aktive Auseinandersetzung des Lerners mit dem Lerngegenstand verlagert, steht bei der Lernprozessperspektive im Kern die Frage: Wie kommt Verstehen zustande? Hierbei wird in der Literatur eher der Begriff Lernpfad verwendet (Niedderer & Goldberg 1995). Lernpfade ergeben sich durch die Abfolge von veränderten Vorstellungen bzw. Zwischenvorstellungen des Lerners über den Lerngegenstand, so zeichnet Petri (1996) die Entwicklung der Vorstellungen von Schülern vom Atommodell als Planetenmodell hin zum Kugelwolkenmodell als einen Lernpfad nach. Damit orientiert sich der Lernpfad weniger am inhaltlichen Input und dessen methodischer Aufbereitung, sondern manifestiert sich durch die erreichten kognitiven Zustände. Diese müssen anhand der Äußerungen des Lerners fest gemacht werden, da trotz der Möglichkeiten der neurodidaktischen Forschung keine ausreichende Möglichkeit zur direkten Beobachtung von Denk- und Lernprozessen eines Lerners besteht. Hier ergeben sich große Schwierigkeiten, da Lerneräußerungen nicht zwangsweise mit ihren Vorstellungen übereinstimmen müssen. Veränderungen in den Vorstellungen zu erreichen, stellt daher eine große Herausforderung dar, wie sie in der Theorie zum Conceptual Change intensiv beschrieben wird, vor allem bei der Umstrukturierung von Alltagsvorstellungen in wissenschaftsbasierte, naturwissenschaftliche Konzepte (Duit 2002). Als Beispiel sei hier die Erweiterung der lebensweltlichen Erfahrung von Säure als sauer schmeckendem Stoff und seinem Gegenteil im Alltag, einem süß schmeckendem Stoff, hin zur Säure-Base Theorie von Brønsted⁷ genannt.⁸

⁷Bei der Säure-Base Theorie nach Brønsted ist eine Säure ein Stoff, der als Protonendonator fungiert und dessen korrespondierendes Gegenteil eine Base als Protonenakzeptor darstellt.

⁸In diesem Zusammenhang fällt häufig der Begriff Fehlvorstellungen („misconceptions“), dieser ist problematisch, da eine Alltagsvorstellung keine Fehlvorstellung hinsichtlich der Lebenswelt sein muss. Um Säure im Essen zu „neutralisieren“ wird Zucker zugegeben.

Lernpfade stellen also Spuren des Lernprozesses dar, die sich durch manifestiertes Wissen äußern und bilden damit den Versuch die Black Box des Lernens interpretierbar zu machen.

Neben Lernstrategien gibt es das Konstrukt der Lernstile. Beide Konstrukte werden nicht trennscharf in der Literatur verwendet, Schulmeister (2006, S. 100) unterscheidet Lernstrategien als „*Methoden zum Lösen von Aufgaben*“ von Lernstilen als Charakterisierung von Einstellungen und Präferenzen zur Lernsituation. Ein Ansatz zu Lernstilen ist der von Kolb. Dieser geht von dem Verständnis aus, dass Lernen ein Prozess ist und nicht ein Ergebnis, hier basiert stattdessen der Lernprozess auf Erfahrungen (Kolb 1985, Kolb & Kolb 2005). Nach Kolb lassen sich vier unterschiedliche Lernstiltypen bilden, die sich als Akkomodierer (konkret-aktiv orientiert), Divergierer (konkret-reflektiv orientiert), Assimilierer (abstrakt-reflektiv orientiert) oder Konvergierer (abstrakt-aktiv orientiert) unterschiedlich charakterisieren lassen (vgl. Seiphold 2009). Für den Einsatz von web-/computergestützten Lernprogrammen gibt es Untersuchungen, die beispielsweise zum Fokus haben, ob der Lernerfolg vom Lerntyp abhängt. Staemmler (2005, S. 177) konnte keine signifikanten Unterschied im Lernerfolg der Lerntypen feststellen. Auch Schulmeister (2006, S.100 ff.) führt Studien an, die keine Zusammenhänge zwischen Lernstilen und Lernerfolgen auffinden konnten. Vielleicht ist dieser Umstand darauf zurückzuführen, dass Lernstilkonzepte wie das von Kolb nach wie vor nicht ausreichend theoretisch fundiert und empirisch validiert sind (vgl. Schulmeister 1996, S. 38).

Diese drei Perspektiven zeigen, dass der Begriff Lernweg keineswegs einheitlich gebraucht wird. Je nach „Vorwissen“ wird oft sofort an eine bestimmte der drei Perspektiven gedacht, wodurch Missverständnisse hervorgerufen werden können. Neben den Lernstrategien existieren in der Unterrichtslehre weitere Begriffe wie Unterrichtskonzepte, Lehrverfahren etc.. Lindemann (1999) gibt an, dass rund 100 verschiedene Bezeichnungen für Unterrichtsformen existieren. Diese sind nicht alle prinzipiell unterschiedlich, aber lassen sich manchmal nur schwer eindeutig charakterisieren. Bezogen auf den Begriff Lernweg lassen sich auch einige dieser Unterrichtsformen als Lernweg auffassen, allerdings können diese auch in die beiden Kategorien Lernwege mit didaktischer und/oder methodischer Perspektive eingeordnet werden.

Ein Aspekt von Lernwegen ist bisher wenig beachtet worden: Wann sind Lernwege erfolgreich? Jank und Meyer (1991, S.83) beschreiben unter „Inszenierungsmuster“, dass die Aufbereitung von Unterrichtsinhalten „in Analogie zur industriellen Massenproduktion“ erfolgen kann, so dass sich Lernwege als „Lernschnellwege“ ergeben. Ausgehend von den Schulleistungsstudien der letzten Jahre scheint dies nicht eingetreten zu sein, allerdings kann gefragt werden, ob die aktuellen Bestrebungen hinsichtlich der Lernoptimierung z.B. durch Lernstrategien in diese Richtung führen könnten.

Ein weiterer Aspekt von Lernwegen ist der, ob Lernwege immer in die richtige Richtung z.B. zu richtigen Ergebnissen führen müssen:

„*Lernirrwege werden begrüßt – Lernumwege führen zum Erfolg!*“ (Jank und Meyer 1991, S.83)

2.6.4 Vorschlag zu einem erweiterten Lernwegbegriff

Fasst man die zuvor beschriebenen Lernwegperspektiven unter Berücksichtigung des Angebots-Nutzungsmodells nach Helmke (siehe Kapitel 2.2) zusammen, so ergibt sich die Möglichkeit eines erweiterten Lernwegbegriffs, wie die Abbildung 2.6.4 zeigt.

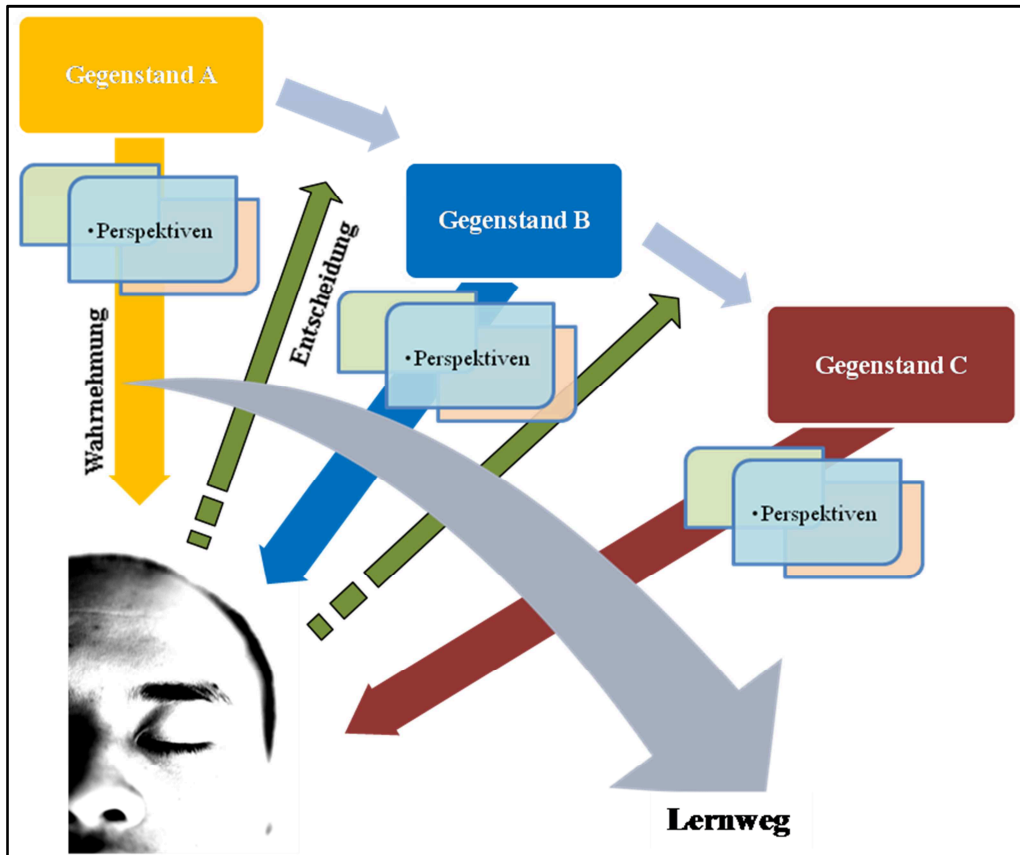


Abbildung 2.6.4 Erweiterter Lernwegbegriff

Der Begriff Wahrnehmung bedeutet in diesem Schema die sinnliche und aufgrund des Vorwissens mögliche Aufnahme von Informationen. Die tatsächliche Nutzung der Informationen zeigt sich in der Entscheidung, d.h. die Art und Weise wie die Wahrnehmung das Handeln des Lerners beeinflusst.

Ein Lernweg charakterisiert sich durch die Abfolge eines bestimmten Reaktionsschemas, das durch den Lerner gesteuert wird:

1. Wahrnehmung des Lerngegenstands entsprechend seiner Perspektiven (didaktisch, methodisch, lernprozessorientiert),
2. als Folge der Auseinandersetzung mit dem ersten Lerngegenstand, folgt eine Entscheidung zur Wahrnehmung des nächsten Lerngegenstands, bei dem sich Punkt 1 wiederholt. Hier können sich aber die perspektivischen Gegebenheiten anders verhalten, sodass hier nicht der gleiche Verlauf wie beim zuvor betrachteten Lerngegenstand zu beobachten sein muss.

In diesem Schema stellt sich die Frage, welche Faktoren die Entscheidung, sich mit dem nachfolgenden Lerngegenstand auseinander zu setzen, beeinflussen. Deci & Ryan (1993, S. 235) gehen in ihrer Selbstbestimmungstheorie der Motivation davon aus, dass

„Menschen den intrinsischen (angeborenen) Wunsch haben, ihre Umwelt zu erforschen, zu verstehen und „in sich aufzunehmen“ (assimilieren). Die Motivation zur aktiven Auseinandersetzung mit der Umwelt ist bereits in den frühesten Stadien der Entwicklung

gegeben und braucht keine Anleitungen und äußeren Zwänge. Sie ist eine wesentliche Grundlage für den Erwerb kognitiver Fähigkeiten und bestimmt zugleich die Entwicklung des individuellen Selbst“

Im erweiterten Lernwegmodell ist es wichtig, dass der Lerner selbstbestimmt agieren kann, damit er seinen eigenen, individuellen Lernweg vollziehen kann. Nach Deci & Ryan (1993) wird dies aber nur gegeben sein, wenn die „basic needs“, das sind die drei psychologischen Bedürfnisse nach Selbstbestimmung (Autonomie), Kompetenz (Erleben von Handlungsfähigkeit) und eine soziale Eingebundenheit (z.B. Lerngruppe etc.) befriedigt werden. Zudem kann erwartet werden, dass eine intrinsische Lernmotivation auf der Grundlage eines Interesses am Lerngegenstand eine wichtige Bedingungsvariable des Lernens darstellt. Das bedeutet, dass Lernumgebungen wie sie in 2.4 beschrieben und charakterisiert wurden, möglichst Bedingungen hinsichtlich der „basic needs“ gewährleisten, damit Lernen erfolgreich wird.

2.7 Multimediales Lernen

Multimedia ist ein häufig gebrauchter Begriff, zu dem es jedoch keine eindeutige Definition gibt, da sehr unterschiedliche Aspekte unter diesem Begriff summiert werden können. Multimedia umfasst zunächst den Einsatz der Computertechnologie (Hard- und Software) für die Integration digitaler Medien wie Texte, Bilder, Video und Audio. Darüber hinaus kann aber auch der Mediaspekt hervorgehoben werden, darunter fallen z.B. Interaktionsmöglichkeiten und Multitasking. Klimsa (2002) spricht deshalb vom Integrations- und Präsentationsaspekt von Multimedia. Wird Multimedia zur Gestaltung von Lernumgebungen genutzt, wie sie schon in Kapitel 2.4 angeführt wurden, kann man auch von multimedialen Lernumgebungen sprechen. Eilks et al. (2004, S. 122) definieren multimediale Lernumgebungen als Lernarrangements, *„die speziell für den Lernprozess strukturiert sind und in denen die multimediale Präsentation von Informationen mit dem Computer eine zentrale Stellung einnimmt. Hierbei steht der Begriff Lernumgebung sowohl für das multimediale Informationsangebot als auch das hierdurch strukturierte Lernumfeld. [...] Unter einem Lernprogramm wird hier Software verstanden, die eine eigenständig lauffähige Programmstruktur besitzen.“*

In der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung gibt es eine Vielzahl von Ansätzen, die sich mit dem Einsatz (multi-) medialer und computergestützter Lernszenarien beschäftigt haben (siehe Themenhefte MNU 1998, 2001; Urhahne et al. 2000, GDGP Tagungsband *Lehren und Lernen mit neuen Medien*, Pitton 2006). Auch der Einsatz von Multimedia speziell im Chemieunterricht wird schon lange Zeit untersucht und diskutiert (vgl. Hecht 1974, Franik (Hrsg.) 1985, Steiner & Lutz 1995, Eilks et al. 2001, Tausch (Hrsg.) 2001, Eilks et al. 2004, Eilks et al. 2010). Häufig wurde der Computer im Chemieunterricht zur Datenverarbeitung bzw. automatischen Messwerterfassung eingesetzt. Kaum später folgten erste Simulations- und Lernprogramme, und inzwischen gibt es umfassende Lernumgebungen, die i.d.R. computerbasiert oder webbasiert funktionieren (Eilks et al. 2004, siehe auch Oetken (Hrsg.) 2010). Exemplarische Beispiele sind das Simulationsprogramm zum Teilchenmodell (Sumfleth & Hollstein 1999), die hypertextbasierte Lernumgebung zum Thema Seifen und Waschmittel (Sumfleth & Kummer 2001) und die Lernumgebung zum Thema Ozon (Stachelscheid, Klenzendorf, & Sprünken 2001)

Viele Forschungsansätze zu Multimedia verfolgen das Ziel, mit Hilfe von medialen Repräsentationen naturwissenschaftliche Vorstellungen und Gedankenkonstrukte zu visualisieren, zu simulieren und zu modellieren. Ziel ist es i.d.R., Lerninhalte für den Lerner besser verständlich zu machen (Zander & Brünken 2006). Teilweise soll über die Interaktionsmöglichkeiten in den Programmen das aktive Lernen unterstützt werden.

Zusammenfassend und etwas vereinfacht kann man sagen, dass häufig der individuelle Lernprozess über multimediale Angebote unterstützt werden soll.

Wenn Multimedia individuelle Lernprozesse unterstützt, so ist eine individualisierende Wirkung nicht automatisch damit verbunden. Ein entscheidendes Kriterium für eine individualisierende Wirksamkeit wurde in Kapitel 2.5.1 vorgestellt, die Adaptivität.

Leutners Adaptionprinzipien (siehe Kapitel 2.5.1) beziehen sich stark auf die Verwendung von multimedialen Lernumgebungen, diese scheinen prädestiniert zu sein, adaptive Lernumgebungen gestalten zu können, da vielfältige Zugänge zu Informationen (Materialfülle) sowie verschiedene Medienformate wie auch Interaktionen relativ einfach realisierbar sind (vgl. Specht 1998). Jedoch warnt Beck (2008, S. 33), dass „*das Potential der neuen Technologie [...] erst dann zum Tragen*“ kommt, „*wenn sie sich zu Gunsten optimaler Passung von Lernangebot und Lernunterstützung, Bedürfnissen, Voraussetzungen und Möglichkeiten seitens des Lernenden nutzen lässt, anders gesagt, wenn sie für (mehr) Adaptivität verwendet werden kann*“. Bestätigt wird diese Aussage durch Metaanalysen, die zeigen, dass computergestützte Lernarrangements mit neuen Medien wirksamer sind als herkömmlicher Unterricht, vor allem wenn die Technologie zur Umsetzung individuellen Lernens genutzt wird (vgl. Klauer & Leutner 2007, S.333). Trotz des klaren Bedarfs an adaptiven, multimedialen Lernumgebungen oder Lernprogrammen, sind diese kaum vorhanden (Kerkau 2005, S. 238), nicht zuletzt weil der Aufwand zur Programmierung entsprechender Software extrem hoch ist.

Forschungsansätze oder Ergebnisse, in denen die Adaptionmöglichkeiten computergestützter Lernumgebungen den naturwissenschaftlichen Unterricht praxisorientiert individualisieren sollen, sind ebenfalls kaum vorhanden (vgl. Rubitzko 2006, Stachelscheid & Kohnen 2006, 2007).

Zur Gestaltung multimedialer Lernumgebungen gibt es viele allgemeine und multimedia-spezifische lerntheoretische Erkenntnisse, die sich nach Mayer (2001) in einer *Cognitive Theory of Multimedia Learning* vereinen lassen. Die Eckpunkte dieser Theorie und insbesondere die daran anschließenden Aspekte Multicodalität und Multimodalität werden in den folgenden Abschnitten näher erläutert.

2.7.1 Cognitive Theory of Multimedia Learning (Mayer 2001)

Mayer geht von drei Annahmen aus (vgl. Klauer & Leutner 2007, S. 311, Unterbrunner 2007):

1. Die Verarbeitung der vom Menschen wahrnehmbaren Informationen verläuft über zwei unterschiedliche Kanäle. Ein verbaler und ein nonverbaler Kanal, denen jeweils ein unterschiedliches Codierungssystem anhängt. Die Codierung beschreibt, in welcher Symbolik die externen Repräsentationen vorliegen, z.B. Text, Bild oder Grafik. Oft kommt es zur Multicodierung, d.h., es werden ein Text und eine Grafik zusammen angeboten.
2. Die kognitive Kapazität zur Verarbeitung der Informationen ist begrenzt. Dies trifft in erster Linie auf das Arbeitsgedächtnis zu (Cognitive Load Theory).
3. Lernen ist ein aktiver Prozess.

Anhand dieser drei Annahmen haben sich inzwischen eine Reihe Prinzipien des Multimedia-Lernens herauskristallisiert:

- Das *Multimediaprinzip (Multicodierung)* besagt, dass mit Texten und Bildern besser gelernt wird, als nur mit Textpräsentation. Sinnvolle Text und Bildkombinationen sind besonders lernwirksam.
- Das *Kontiguitätsprinzip* sagt aus, dass räumliche und zeitliche Nähe von text- und Bilddarstellungen den Wissenserwerb mehr fördert als eine getrennte Präsentation von Texten und Bildern. Deren gleichzeitige Präsentation verhindert eine geteilte Aufmerksamkeit (Split-Attention-Effekt).
- Das *Kohärenzprinzip* warnt vor einer Überfrachtung der Texte/Bilder mit unnötigen Informationen.
- Das *Redundanz-Prinzip* sagt z.B. aus, dass die gleichzeitige Darstellung von geschriebenem und gesprochenem Text lernabträglich ist.
- Das *Prinzip der individuellen Unterschiede* bezieht sich auf die anderen Prinzipien und gibt an, dass sich in Abhängigkeit der Lernereigenschaften (z.B. Vorwissen etc.) die Ausprägung der Prinzipien verändern kann.
- Das *Multimodalitäts-Prinzip oder Modalitätsprinzip* besagt, dass die audiovisuelle Darstellung bildlicher und textueller sprachlicher Informationen den Wissenserwerb mehr fördert, als die nur visuelle Darstellung der gleichen Information. Demnach ist der Einsatz eines gesprochenen Textes zur Erläuterung eines Bildes besser als ein geschriebener Text zu einem Bild.

Der Aspekt Multimodalität gehört ebenfalls zu den Multimediaprinzipien, da dieser aber für diese Arbeit eine besondere Rolle spielt, wird dieser besonders hervorgehoben.

An dieser Stelle sei angemerkt, dass viele dieser Prinzipien für die Naturwissenschaftsdidaktik nicht neu sind (Mikelskis 2003) und z.B. in Form von Gestaltregeln für den Aufbau von Experimenten bekannt sind.

2.7.2 Multimodalität

Unter Modalität werden im Kontext von Multimedia die Möglichkeiten der Sinneswahrnehmung (Kanäle der Wahrnehmung) verstanden, wie z.B. visuell, auditiv oder haptisch (Weidenmann 2002). In computerbasierten Lernumgebungen reduziert sich die Modalität auf visuelle und auditive (vgl. Rubitzko 2006, Klauer & Leutner 2007, S.309 ff.) Informationsaufnahme. Schon hier wird in der Regel von Multimodalität gesprochen. Wird darüber hinaus eine computerbasierte Lernumgebung z.B. durch reale naturwissenschaftliche Experimente erweitert (Kohnen & Stachelscheid 2007), kann man von einer umfassenderen, multimodalen Lernumgebung sprechen. Eine ausgewogene Inanspruchnahme der unterschiedlichen Kanäle ist wichtig, vor allem, wenn zwei (oder mehr) Kanäle parallel bedient werden. Hier ist die Gefahr der Redundanz oder des "cognitive overloads" schnell möglich (Unterbrunner 2007).

2.7.3 Bedeutung von Multimedia

Die meisten Ansätze zum multimedialen Lernen gehen wie Mayer von der dualen Codierungstheorie nach Pavio aus, die besagt, dass die Informationen auf zwei Kanälen verarbeitet werden (z.B. einem Textkanal und einem Bildkanal). Dual codierte Informationen führen in der Regel zu besseren Lernleistungen (vgl. Schnotz 2002). Weidenmann (2002, S. 61) formuliert zusammenfassend die Argumente für den Einsatz von Multimedia wie folgt:

„Mit Multicodierung und Multimodalität gelingt es besonders gut, komplexe authentische Situationen realitätsnah zu präsentieren und den Lerngegenstand aus verschiedenen Perspektiven, in verschiedenen Kontexten und auf unterschiedlichem Abstraktionsniveaus darzustellen. [...] Interaktive multicodale und multimodale Lernangebote eröffnen den Lernenden eine Vielfalt von Aktivitäten. Dies erweitert das Spektrum ihrer Lernstrategien und Lernerfahrungen.“

Die vielfältigen Möglichkeiten multimedialer Angebote sollten nicht davon ablenken, dass die Inhalte die Lerngegenstände darstellen und dass der Lernerfolg von der aktiven Auseinandersetzung mit den Lerngegenständen und den Anknüpfungsmöglichkeiten an das Vorwissen abhängt.

Zwingenberger (2009) hat in einer Metanalyse (36 Primärstudien) die Lernerfolge multimedialer Lehrmaterialien betrachtet und führt u.a. folgende Ergebnisse auf:

- Simulationen, Hypermedia und Drill- & Practice- Anwendungen zeigen größere Lernerfolge als Print-Medien im Vergleich.
- Simulationen bieten im Rahmen der Multimodiamöglichkeiten den größten Lernerfolg.
- Deklaratives Wissen kann gut durch Hypermedia- und Simulationsprogramme gelernt werden.
- Simulationen eignen sich zum Aufbau metakognitiven Wissens.

3 Grundlagen zum Sonnenschutz

Gesundheitserziehung ist in den curricularen Vorgaben in der Schule ein fester Bestandteil, jedoch ist Sonnenschutz kein explizites Thema. So lässt sich in den Richtlinien Biologie Sek I NRW von 1993 als optionaler Inhalt zur Gesundheitserziehung zum Thema Sonnenschutz nur das „*Einwirken von [...] energiereicher Strahlung u.a. auf den Menschen*“ finden (Kultusministerium NRW 1993, S. 139). Gesundheitserziehung in der Schule bezieht sich vielmehr auf die Bereiche Ernährung, Alkohol-, Nikotin- und Drogenkonsum (Primärprävention des Substanzgebrauchs; Jerusalem 2006, S. 48), Bewegung, sowie z.B. im Rahmen der Sexualerziehung Infektionskrankheiten (Kultusministerium NRW, S. 138 ff., Jerusalem 2003, Glattes et al. 2009). Diese sind auch die Themenschwerpunkte der WHO für die schulische Gesundheitsförderung (Kriwy 2008, S. 110).

Neben der Frage, welche Themen in der unterrichtlichen Gesundheitserziehung zum Gegenstand werden sollen, steht die Frage, anhand welchen Modells zur Gesundheitserziehung eine unterrichtliche Umsetzung erfolgen soll. In Abschnitt 3.3 werden wichtige Ansätze zur Gesundheitserziehung auch hinsichtlich des Sonnenschutzes dargestellt. Ausschlaggebend für die Notwendigkeit der Implementierung des Themas Sonnenschutz in Schule und Unterricht sind jedoch die Befunde aus der Medizin und den Naturwissenschaften zum Zusammenhang von UV-Strahlung und Krankheitsbildern, die aus der UV-Exposition resultieren. Daher werden zuerst die naturwissenschaftlichen und medizinischen Grundlagen vorgestellt.

3.1 Naturwissenschaftlich-medizinische Grundlagen

3.1.1 UV-Strahlung und Atmosphäre

Ultraviolette Strahlung gehört zum durch das menschliche Auge nicht sichtbaren elektromagnetischen Strahlungsspektrum, welches durch die Sonne emittiert wird. UV-Strahlung ist relativ energiereich und wird schon zum ionisierenden Strahlungsspektrum zugeordnet, wie in Abbildung 3.2.1 (S. 26) zu sehen ist. Ionisierende Strahlen sind in der Lage photochemische Reaktionen, z.B. in der Haut, auszulösen. Dabei stellt der Energiegehalt das entscheidende Wirkungskriterium dar, dieser ist nach $E = h \cdot \nu$ (mit E = Energie, h = Planck'sche Wirkungskonstante) von der Strahlungsfrequenz abhängig, d.h. eine hohe Frequenz bedeutet einen hohen Energiegehalt und umgekehrt. Üblich ist es, die Strahlungstypen entsprechend ihrer Wellenlänge einzuordnen (mit $\lambda = c/\nu$ und c = Lichtgeschwindigkeit), sodass die UV-Strahlung in drei Bereiche unterteilt werden kann:

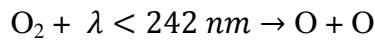
- UV-A Strahlung mit $\lambda = 400\text{-}320$ nm (energieärmste UV-Strahlung)
- UV-B mit $\lambda = 280\text{-}320$ nm
- UV-C mit $\lambda = 100\text{-}280$ nm (energiereichste UV-Strahlung)

Die UV-Strahlungsintensität auf der Erdoberfläche hängt von der Sonneneinstrahlung und ihrer Wechselwirkung mit der Erdatmosphäre ab. So sind Jahres- und Tageszeit, Wetter, Bewölkung etc. maßgeblich regulierende Parameter.

Eine grundsätzliche Filterung der UV-Strahlung findet in der Atmosphäre statt. Die wichtigste Verbindung zur Filterung von UV-Strahlung durch die Atmosphäre ist das

stratosphärische Ozon (O_3), welches sich in Folge der Photodissoziation von molekularem Sauerstoff bei energiereicher UV-Strahlung mit $\lambda < 242 \text{ nm}$ (d.h. UV-B und UV-C) bildet:

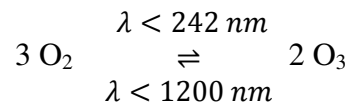
Reaktionsschema 3.2.1.1 Ozonbildung



M ist hierbei ein beliebiges Molekül als Stoßpartner, der aus Impulserhaltungsgründen vorhanden sein muss

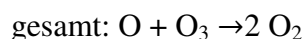
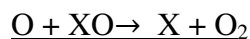
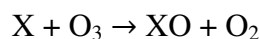
Auch die Zersetzung von Ozon zu molekularem Sauerstoff und einem Sauerstoffatom ist eine Photodissoziationsreaktion bei der UV-Strahlung besonders wirksam ist (Zellner 2003), es reicht aber auch schon energieärmere Strahlung mit $\lambda < 1200 \text{ nm}$, um diese Reaktion herbeizuführen (Fabian 1989). Insgesamt kann also vereinfacht folgendes Gleichgewicht als UV-Filterungsprozess formuliert werden:

Reaktionsschema 3.2.1.2 Ozonauf-/abbau



Die Ozonkonzentration der gesamten Atmosphäre verteilt sich zu 90% in der Stratosphäre (Stratosphäre: Bereich der Atmosphäre zwischen 15 und 50 km Höhe) zwischen 15 und 30 km Höhe (Dameris et al. 2007). Die Abnahme des Ozonpartialdrucks ist ein anthropogen erzeugtes Phänomen, welches sich regional und temporär unter anderem aufgrund der atmosphärischen Dynamik unterschiedlich stark ausprägt (Zellner 2003, Deutscher Wetterdienst 2005, Bais & Lubin 2007), wie z.B. das jährlich auftretende Ozonloch über der Antarktis, bei dem die Ozonkonzentration (gemessen in Dobson-Einheiten DU) um mehr als 50 % abnimmt. Aber auch global und langfristig, d.h. im Zeitraum der 70er bis 90er Jahre, lässt sich ein Rückgang der stratosphärischen Ozonschicht verzeichnen (Dameris 2010). Primär wird die Ozonabnahme durch zyklische Ozonabbaureaktionen erzeugt, bei denen hauptsächlich Chlor- und andere Halogenradikale katalytisch wirksam sind. Die Chemie dieser Abbauzyklen ist kompliziert, da nicht nur verschiedene Katalysatoren wirksam sind, sondern diese stehen zudem miteinander in komplexen Wechselwirkungen, die darüber hinaus von den atmosphärisch-meteorologischen Bedingungen abhängig sind (vgl. Dameris et al. 2007). Ein vereinfachtes Reaktionsschema kann wie folgt aussehen (mit X: katalytisch wirksames Halogen):

Reaktionsschema 3.2.1.3 Ozonzersetzung durch Halogen



Der atmosphärische Gehalt an Halogenen ist vor allem auf die Freisetzung von halogenhaltigen Kohlenwasserstoffen wie z.B. den Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffen (FCKW) zurückzuführen, die an sich relativ reaktionsträge Verbindungen darstellen, die aber in der Stratosphäre ebenfalls photolytisch zersetzt werden können und dabei Halogenradikale freisetzen. Seitdem verschiedene politische Maßnahmen den Gebrauch und die Freisetzung halogenhaltiger Verbindungen eingeschränkt haben, ist inzwischen zeitlich phasen-

verschoben, eine Stabilisierung der globalen, mittleren Ozonkonzentration eingetreten. Inwieweit sich die Ozonschicht auf den Stand von 1960 regeneriert und in welchem Zeitraum dieser Prozess ablaufen wird, lässt sich derzeit nicht abschätzen, da vermutlich die Prozesse der Klimaveränderung mit denen des Ozonabbaus gekoppelt sind, sodass im Moment Prognosen sehr vage sind. Ursprünglich hat man eine Regeneration der Ozonschicht bis 2050 erwartet (Kappas & Augustin 2008, Dameris 2010).

Die Fähigkeit der Ozonschicht UV-Strahlung zu filtern, steht in direktem Zusammenhang mit der Ozonkonzentration. Die Ozonschicht absorbiert weitestgehend die UV-C Strahlung, einen Großteil der UV-B Strahlung und einen geringen Anteil (unter 3%) an UV-A Strahlung (Seckmeyer 2008). So nimmt z.B. die Bestrahlungsstärke im Wellenlängenbereich von $\lambda = 300\text{-}290\text{ nm}$ den Faktor 1000 ab, bei $\lambda = 330\text{-}300\text{ nm}$ um den Faktor 100 (Wallasch & Steinmetz 2008). Insgesamt erreichen 7% der Strahlungsenergie der Sonne die Erdoberfläche in Form von UV-Strahlen.

Durch die Abnahme der Ozonkonzentration in den 70er-90er Jahren ist die Durchlässigkeit für die UV-Strahlung angestiegen. Eine globale Quantifizierung der gestiegenen UV-Strahlung an der Erdoberfläche ist schwierig, da die Messwerte regional und saisonal durch Effekte, wie dem Bewölkungsgrad oder Albedoeffekten (Reflektionseffekt z.B. an der Erdoberfläche), stark schwanken (Wallasch & Steinmetz 2008 S. 82/83). Eine grobe Größenordnung zur Zunahme der UV-Strahlung ist, dass bei Abnahme der Ozonkonzentration um 1%, die UV-Strahlung um den Faktor 1,2 zunimmt (Koller & Stroh 2002, Deutscher Wetterdienst 2005a). Die mittlere Abnahme der Ozonkonzentration in Deutschland betrug 3% pro Jahrzehnt (Bais & Lubin 2007, S. 27), d.h. es könnte von einer mittleren Zunahme der UV-Strahlung von bis zu 10% ausgegangen werden. Zudem variiert die örtliche Ozonkonzentration und bildet sogenannte Streamer oder Miniholes (Deutscher Wetterdienst 2005a), z.B. aufgrund besonderer meteorologischer Bedingungen, wie in der ersten Hälfte des Jahres 2005, als die bis dahin höchste UV-Strahlungsintensität seit 12 Jahren gemessen wurde (Steinmetz & Wallach 2008, S. 56). Die bereits erwähnten Einflüsse, wie der Bewölkungsgrad etc., überdecken langfristige Trends, da sie täglich oder auch stündlich variieren können (Bais & Lubin 2007, S. 29). In unseren Breitengraden ist die größte UV-Strahlungsintensität in der Mittagszeit zwischen 11 und 15 Uhr. Welche Bedeutung die Zunahme der UV-Strahlungsintensität haben kann, wird im nächsten Abschnitt zur biologisch-medizinischen Wirksamkeit von UV-Strahlung verdeutlicht. Es kann aber schon vorweggenommen werden, dass die biologische Wirkung auch bei kleinen UV-Strahlungswerten sehr groß ist (Wallasch & Steinmetz 2008, S. 64).

Zur Messung und Bewertung der UV-Strahlungsintensität im Hinblick auf ihre biologische Wirkung wurde der UV-Index eingeführt und u.a. durch die WHO standardisiert. Dieser Index ergibt eine Skala für die sonnenbrandwirksame solare Bestrahlungsstärke und wird wie folgt definiert (Abbildung 3.2.1.1):

UV-Index (UVI)	=	$k_{er} \cdot \int_{280 \text{ nm}}^{400 \text{ nm}} E(\lambda) \cdot s_{er}(\lambda) \cdot d\lambda$
$E(\lambda) [\text{W m}^{-2} \text{ nm}^{-1}]$	=	Spektrale solare Bestrahlungsstärke an der Erdoberfläche
$\lambda, d\lambda [\text{nm}]$	=	Wellenlänge und Wellenlängenintervall
k_{er}	=	40 $[\text{m}^2 \text{ W}^{-1}]$
$s_{er}(\lambda)$	=	CIE (1987) Erythem Referenzwirkungsspektrum
	=	1 für $\lambda \leq 298 \text{ nm}$
	=	10 $^{[0.094 \cdot (298 - \lambda)]}$ für $298 \text{ nm} \leq \lambda \leq 328 \text{ nm}$
	=	10 $^{[0.015 \cdot (139 - \lambda)]}$ für $328 \text{ nm} \leq \lambda \leq 400 \text{ nm}$

Abbildung 3.2.1.1 Definition UV-Index

(Deutscher Wetterdienst 2005b), (Erythem siehe Kapitel 3.2.2)

Der UV-Index ist Hauttyp unabhängig und wird in ganzen Zahlen auf einer Skala von 1-10 und >10 angegeben. Die Abbildung 3.2.1.2 zeigt die Klassifikation des UVI und führt Expositionszeiten bis Sonnenbrand sowie Schutzmaßnahmen auf. Die Zeiten beziehen sich auf den Hauttyp II und sollen nur einen Anhaltspunkt für ein sonnenschutzbewusstes Verhalten geben.

Tabelle 3.2.1.1 UV-Index Skala und Schutzmaßnahmen

UVI	Klassifikation	Zeit bis zum Erreichen eines Erythem	Schutzmaßnahmen bei Hauttyp II
> 10	extrem	unter 15 Minuten	mittags im Innenraum, unbedingt Hemd, Sonnenschutzmittel, Hut
8-9-10	sehr hoch	unter 20 Minuten	
6-7	hoch	ab 20 Minuten	mittags Schatten, Hemd, Sonnenschutzmittel, Hut
3-4-5	moderat	ab 30 Minuten	mittags Schatten, Hemd, Sonnenschutzmittel, Hut
1- 2	niedrig		nicht erforderlich

verändert nach: Wallasch & Steinmetz (2008)

3.1.2 Wirkung von UV-Strahlung auf den menschlichen Körper

Da die UV-C Strahlung kaum auf der Erdoberfläche vorhanden ist, stehen die Anteile UV-B und UV-A im Fokus der Wirkung auf den menschlichen Körper. Es sind vor allem zwei Organe, die auf UV-Strahlung reagieren: Haut und Auge.

Die Haut baut sich aus drei Schichten auf: Oberhaut (Epidermis, mit Hornschicht), Lederhaut (Corium) und Unterhaut (Subcutis). Das Absorptionsverhalten der Hautschichten bestimmt, welche Eindringtiefe die UV-Strahlen erreichen können. Wie in Abbildung 3.2.2.1 zu erkennen ist, dringt energieärmere UV-A Strahlung tiefer in die Haut, nämlich bis zur Unterhaut ein, als die energiereichere UV-B Strahlung, die nur bis zur Lederhaut gelangt.

Das hat zur Folge, dass diese beiden Strahlungstypen unterschiedliche Wirkungen in der Haut auslösen. UV-A Strahlen gelangen tief in die Dermis, während UV-B Strahlen hauptsächlich in der Oberhaut wirksam sind. Es wird angenommen, dass nur 9–14% der UVB-Strahlung in die Lederhaut gelangen (Berking 2005).

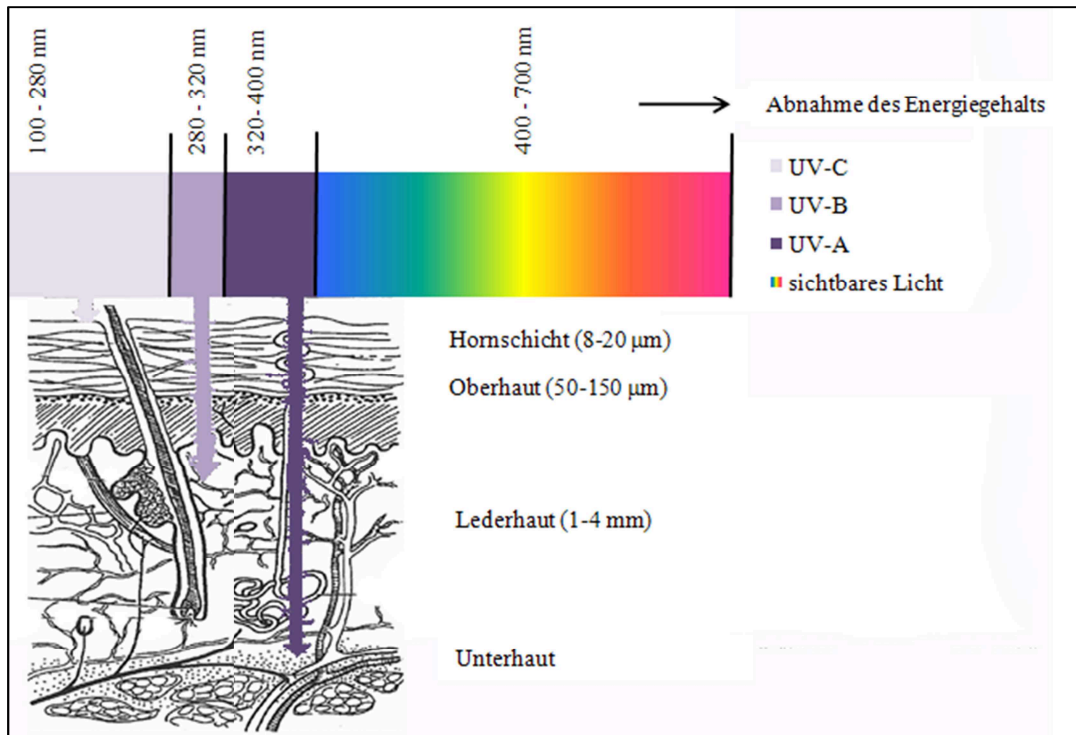


Abbildung 3.2.2.1 UV-Strahlung und deren Eindringtiefe in die Haut

Veränderte Abbildung nach einer Grafik aus dem Bundesgesundheitsblatt, Sonderheft *Strahlung und Gesundheit* (1994), S. 37 und in Anlehnung an Esser und Krutmann (2010)

- UV-C mit $\lambda = 100\text{-}280\text{ nm}$, UV-B mit $\lambda = 280\text{-}320\text{ nm}$ und UV-A Strahlung mit $\lambda = 320\text{-}400\text{ nm}$
- das spektrale UV-Eindringvermögen nimmt mit Abnahme von λ zu, IR-Strahlung dringt sogar bis unter in die Unterhaut

Verstärkte Hautpigmentierung (Bräunung) ist, neben Bildung der Lichtschwiele (Hyperkeratose), die wichtigste physiologische Reaktion auf den ultravioletten Anteil des Sonnenlichts. Diese Pigmentierung schützt vor einer Reihe UV-induzierter biologischer Effekte, insbesondere der Photokarzinogenese. Die Pigmentierung der Haut erfolgt durch Melaninbildung. Natürlicherweise enthält die menschliche Haut drei Melanintypen, deren Mischungsverhältnis (genetisch bedingt) zusammen mit weiteren Biochromen (Farbstoffmoleküle wie z.B. Carotinoide) die Hautfarbe bestimmt (siehe auch Tabelle 3.2.2.2 zu den Hauttypen, Brenner & Berking 2010). Die Melaninbildung erfolgt durch besondere Zellen, den Melanozyten, die zu ca. 1% in der Epidermis enthalten sind. Damit eine UV-Licht induzierte Melaninbildung und weitere Hautreaktionen stattfinden können, muss die Strahlungsenergie absorbiert und für biochemische Reaktionen nutzbar werden. Dies erfolgt, indem Chromophore, also aromatische Moleküle, bei bestimmten Wellenlängen des UV-Lichts eine gute Absorption aufweisen. Die aufgenommene Energie führt zu unterschiedlichen Photoprodukten. Diese sind die Chromophore selbst oder benachbarte Moleküle, bei denen durch die Energiezufuhr z.B. eine Konformationsänderung stattgefunden hat (Esser & Krutmann 2010). Melanin stellt einen solchen Chromophor dar, wie

in Abbildung 3.2.2.2 zu sehen ist. Die Aufgabe dieses Moleküls ist es, UV-Licht zu streuen und zu absorbieren, damit keine weiteren Moleküle der Haut durch UV-Strahlung verändert werden können.

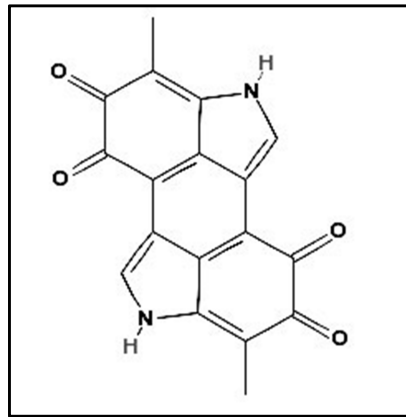


Abbildung 3.2.2.2 Strukturformel von Melanin

Hinsichtlich UV-A und UV-B Strahlung gibt es bei der Pigmentierung den Unterschied, dass UV-A Strahlung zu einer direkten Pigmentierung führt (IPD, Immediate Pigment Darkening). In diesem Prozess werden Melaninvorstufen durch Lichteinwirkung direkt oxidiert. Diese Hautreaktion ist jedoch reversibel, sodass eine so entstandene Hautbräunung sich schnell wieder verliert. Die UV-B-Strahlung führt dagegen zu einer indirekten Pigmentierung (PPD, Persistent Pigment Darkening). Hier werden die Melanozyten in der unteren Oberhaut zur Bildung von Melanin angeregt. Das Melanin wird dann in die Hornschicht transportiert. Die Entwicklung dieser Bräune dauert mehrere Tage, und sie bleibt längere Zeit bestehen (Langhals & Fuchs 2004).

Im Gegensatz zur Pigmentierung gibt es viele unerwünschte Hautreaktionen als Folge einer (zu) intensiven UV-Exposition, wie Pigmentflecke, Sonnenbrand (Erythem), Allergien, vorzeitige Hautalterung, Immunsuppression und Hautkrebs. Auch hier gibt es Unterschiede zwischen der Wirkung von UV-A und UV-B Strahlung.

UV-A Strahlung scheint vor allem für eine vorzeitige Hautalterung und die Auslösung von Immunsuppression verantwortlich zu sein (Langhals & Fuchs 2004). Allerdings stellt die UV-induzierte Hautalterung nicht nur lediglich eine Beschleunigung der natürlichen Hautalterung dar, bei ihr laufen andere pathophysiologische Prozesse ab als bei der „normalen“ Hautalterung (Schwarzer 2005). Mittlerweile hat sich herausgestellt, dass auch UV-A Strahlung, obwohl sie keine ausreichende Energie zur direkten DNA-Schädigung darstellt, indirekt an der Bildung von Hautkrebs beteiligt ist. Hier geht man von photooxidativen Prozessen (z.B. durch Bildung sehr reaktiver Sauerstoffradikale) aus, welche durch die Absorption von UV-A Strahlung begünstigt ausgelöst werden. Diese Prozesse können letztendlich zu Zellmutationen respektive Tumorbildung führen (Langhals & Fuchs 2004, Greinert et al. 2008 S. 151 ff.).

Die energiereichere UV-B Strahlung kann durch verschiedenste Moleküle in der Haut absorbiert werden. Insbesondere können die DNA-Basen Thymin und Cytosin UV-B Licht absorbieren, aber auch aromatische Aminosäuren wie Tryptophan und Tyrosin zeigen gute Absorptionswerte. Folgende Tabelle zeigt exemplarisch einige Chromophore der Haut und die biologischen Effekte bei UV-B Bestrahlung.

Tabelle 3.2.2.1 Chromophore der Haut

<i>Chromophor</i>	<i>Biologischer Effekt bei UV-B Absorption</i>
DNA	Chronische UV-Schäden (Mutationen, Karzinogenese, Immunsuppression, Lichtalterung)
Tryptophan	u.a. Pigmentierung
7-Dehydrocholesterol	Vitamin D Bildung
Melanin	UV-Streuung und Absorption → Schutz vor UV

vereinfacht nach Esser & Krutmann (2010)

Bei übermäßiger UV-Exposition ist Hautkrebs eine der schlimmsten Spätfolgen. Er entsteht durch nicht fehlerfrei reparierte DNA-Schädigungen der Hautzellen. Reparaturmechanismen sind in allen biochemischen Prozessen vorhanden und sollen verhindern, dass sich auf molekularer Ebene Fehler manifestieren können. Nicht-Melanome, das sind Krebsformen der Basalzellen (Basalkarzinom, häufigste Form) und der Stachelzellen (Plattenepithelkarzinom, zweithäufigste Form), bilden selten Metastasen und treten vor allem an UV-Licht stark ausgesetzten Hautpartien auf. Sie sind daher gut diagnostizierbar und haben gute Heilungschancen (Augustin 2008). Grundsätzlich gilt bei allen Hautkrebsformen, dass eine sehr frühzeitige Diagnose gute Heilungsprognosen verspricht.

Folgenschwerer ist die Ausbildung des schwarzen Hautkrebses (malignes Melanom). Das maligne Melanom ist ein bösartiger Tumor, der durch die maligne Transformation von pigmentbildenden Zellen wie Melanozyten oder Nävuszellen (Muttermal, Leberfleckzellen) der Haut, manchmal aber auch der Schleimhäute oder Uvea (mittlere Augenhaut), ausgehen kann. Das maligne Melanom zeichnet sich durch sein aggressives Wachstum aus und bei Bildung von Metastasen kommt eine ausgeprägte Therapieresistenz hinzu (Berkning 2005). Ausgangspunkt des Wachstums der Tumorzellen ist i.d.R. die unterste Schicht der Oberhaut (Stratum basale). Klinisch werden hauptsächlich vier Subtypen an Melanomen betrachtet, die sich in ihrer Lokalisation, ihren Wachstumseigenschaften und Häufigkeiten unterscheiden und unterschiedliche Lokalisationen sowie Krankheitsverläufe aufweisen (Garbe et al. 2009). Folgende Häufigkeiten ergeben sich für die vier Subtypen:

- Superfiziell spreitendes Melanom ca. 57%
- Noduläres Melanom ca. 21 %
- Lentigo-maligna-Melanom ca. 9%
- Akrolentiginöses Melanom ca. 4%
- andere oder nicht klassifizierbare Formen ca. 9 %

Maligne Melanome weisen die Besonderheit auf, dass sie auch an nicht sonnenexponierten Körperstellen auftreten können. Die Abbildung 3.2.2.3 zeigt die Häufigkeitsverteilung auf dem Körper des malignen Melanoms bei Frauen und Männern. Auffällig ist, dass sich die Verteilung weniger auf die permanent sonnenexponierten Stellen konzentriert, sondern auf intermittierend sonnenexponierten Körperstellen wie z.B. Unterschenkel bei der Frau oder dem Rücken beim Mann (Berkning 2005). Der Erklärungsansatz hierfür ist, dass davon ausgegangen wird, dass das Auftreten maligner Melanome weniger auf die kumulative Effekte

der UV-Einwirkung zurückzuführen ist, sondern Auswirkungen akuter intermittierender Expositionen sind (Berking 2005, Augustin 2008).

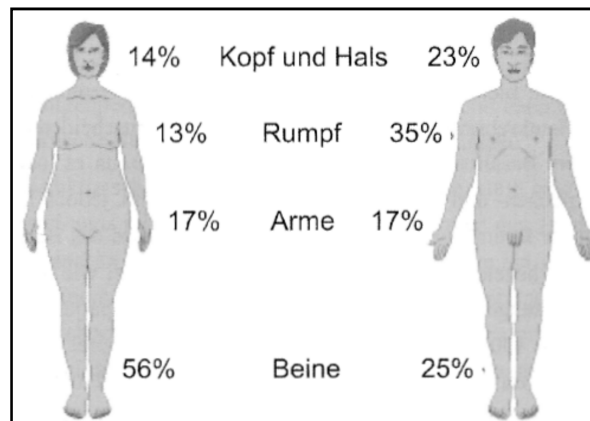


Abbildung 3.2.2.3 Körperverteilung maligner Melanome




(aus Augustin (2008), S. 185)

Weitere Ursachen für maligne Melanome (und auch die anderen Hautkrebsformen) sind eine genetische Disposition und der jeweilige Hauttyp. Aber auch die indirekte Wirkkette der UV-A Strahlung scheint zu einer Pathogenese maligner Melanome zu führen (Berking 2005), die lange Zeit unterschätzt wurde.

Eine akute Reaktion der Haut auf zu intensive Exposition mit UV-Strahlung ist die Bildung eines Sonnenbrands (Dermatitis solaris, Erythem). Diese „Verbrennung“ der Haut geht mit Symptomen wie Rötung, Überwärmung, Schmerz, Schwellung und Blasenbildung einher. Ursächlich ist hier eine Überhitzung und Entzündungsreaktion, bei der es zur Erweiterung der Blutgefäße der Haut kommt und in Folge dessen eine Rotfärbung der Haut auftritt (Augustin 2008). Die Bildung von Sonnenbränden ist auch im Hinblick auf die Hautkrebsbildung interessant, da die Ausbildung von Melanomen mit der Anzahl der erlebten Sonnenbrände korreliert (siehe Kapitel 3.2.4). Für die Kategorisierung von UV-Strahlen bezüglich ihrer biologischen Wirkungen (vergleiche UV-Index, siehe Kapitel 3.2.1) sowie der Berechnung des Lichtschuttfaktors (LSF) von Sonnenschutzmitteln bzw. des UV-Schuttfaktors (USF) von Textilien (siehe folgendes Kapitel) ist die Erythembildung eine grundlegende Größe.

Während der UVI Hauttyp unabhängig ist, sind Eigenschutzzeit bis zur Erythembildung und auch die Disposition zur Hautkrebsbildung vom Hauttyp abhängig. Der Hauttyp nach Fitzgerald wird in sechs Typen eingeteilt (manchmal auch nur vier), die sich anhand der Hautfärbung, des Bräunungsverlaufs, der Neigung zum Sonnenbrand sowie Haar- und Augenfarbe charakterisieren lassen. Die Tabelle 3.2.2.2 zeigt exemplarisch Phänotypen und Beschreibungen dreier Hauttypen (vollständige Aufstellung siehe Anhang).

Tabelle 3.2.2.2 Hauttypen I, III und VI

Hauttyp	I	III	VI
Hautfarbe			
Beschreibung	<ul style="list-style-type: none"> • Sehr helle Haut • wird nie braun • sehr schnell Sonnenbrand • helle Augen • rotblondes Haar • empfindliche Haut, Sommersprossen 	<ul style="list-style-type: none"> • mittelhelle Haut • langsame Bräunung • manchmal Sonnenbrand • helle oder dunkle Augen • braunes Haar 	<ul style="list-style-type: none"> • sehr dunkle Haut • sehr selten Sonnenbrand • schwarze Augen • schwarzes Haar

Fotos/Informationen teilweise von der Krebsliga Schweiz übernommen

3.1.3 Physikalisch-chemische Schutzmaßnahmen vor UV-Strahlung

Geeignete Schutzmaßnahmen durch UV-Schutzmittel, wie z.B. Textilien mit UV-Schutzfunktion und Sonnencremes, vorzunehmen, haben an Bedeutung gewonnen, und es gibt inzwischen eine relativ breite Produktpalette zum Sonnenschutz. Hier soll kurz auf Textilien und Sonnencremes eingegangen werden. Textilien können einen einfachen Schutz vor UV-Strahlen bieten, vorausgesetzt sie sind so beschaffen, dass keine UV-Strahlung durchdringen kann. Der UV-Schutzfaktor (USF) gibt ein Maß für den UV-Schutz von Textilien und anderen Produkten wie z.B. Sonnenschirme an. Dabei hängt der UV-Schutzfaktor von vielen Materialeigenschaften wie z.B. der Faserart, der Färbung etc. ab. Es gibt verschiedene standardisierte Angaben des USF (Australian/New Zealand Standard, UV-Standard 801, Europäischer Standard) aber auch hier spielt, wie beim UVI, das Erythemwirkungsspektrum zusammen mit dem Transmissionsverhalten für UV-Strahlung des Materials eine wichtige Rolle (Hoffmann et al. 1998, Eichacker 2003, Kernland Lang & Hunger). Der USF ergibt ein Raster, bei dem auffällt, dass bei einer Abblockung von weniger als 93% UV-Strahlen nicht von UV-Schutzmaterialien gesprochen wird:

- Bei einem USF-Wert von unter 15 ist kein UV-Schutz gegeben (entspricht einer abgeblockten Strahlung von weniger als 93%).
- Bei USF zwischen 25-30 wird ist ein sehr guter UV-Schutz gewährleistet.
- Ab USF = 40 gilt in allen Standards ein hervorragender Schutz, da hier die UV-Strahlung um mehr als 97,5 % abgeblockt wird.

Sonnencremes sind kosmetische Präparate, die auf der Hautoberfläche aufgetragen werden und Substanzen beinhalten, welche UV-Strahlung absorbieren, reflektieren oder streuen,

bevor diese in tieferliegende Hautschichten eindringen kann. Die Wirkungseffektivität von Sonnenschutzmitteln wird über einen Faktor charakterisiert, dem Lichtschutzfaktor (LSF), der wie folgt definiert ist:

$$LSF = \frac{\text{Erythemschwellendosis für geschützte Haut}}{\text{Erythemschwellendosis für ungeschützte Haut}}$$

Die Erythemschwellendosis hängt vom bereits gebildeten Eigenschutz der Haut, vom Hauttyp und von der Intensität der Strahlung ab. Theoretisch bedeutet das, dass ein Sonnenschutzmittel mit LSF 15 93% der erythembildenden Strahlung heraus filtert, bei einem LSF von 30 werden 97% der erythemwirksamen Strahlung geblockt (Langenhals & Fuchs 2004). Praktisch bedeutet das, dass durch die Sonnenschutzmittel die verhältnismäßig kurze Eigenschutzzeit verlängert werden kann. Langenhals und Fuchs (2004) listen 27 verschiedene Substanzen auf, die in Sonnenschutzmitteln als UV-Schutz Wirkkomponente verwendet werden. Bei der Wirkung kann man zwischen physikalischen UV-Blockern⁹ und chemischen UV-Filtern unterscheiden. Physikalische Blocker beinhalten Pigmente wie z.B. Titandioxid, die primär die Aufgabe haben, UV-Strahlung zu reflektieren oder zu streuen. Je nach Partikelgröße stellt aber auch die Absorption (< 1µm) die primäre Wirkung dar. Eine totale Absorption erfolgt aber durch keine Substanzklasse.

Chemische UV-Filter enthalten Substanzen, die wie die natürlichen UV-Schutzmoleküle Chromophore darstellen (vergleiche Kapitel 3.2.2) und UV-Strahlen absorbieren. Sie müssen dazu in die Haut eindringen und können dort zahlreiche UV-Schädigungen wie DNA-Schäden und Hautalterung verhindern.

In der praktischen Anwendung sind UV-Blocker unmittelbar, d.h. direkt nach dem Auftragen auf die Haut wirksam. Die chemischen UV-Filter hingegen benötigen eine Einwirkzeit, die i.d.R. bei ca. 30 Minuten liegt.

3.1.4 Epidemiologische Betrachtung von Hautkrebserkrankungen

Hautkrebs (über alle Formen) ist die häufigste Krebsart in Deutschland (Kappas 2008), auch wenn die Mortalität nicht so hoch ist wie bei anderen Krebstypen. Die Abbildung 3.2.4.1 zeigt den Verlauf der Inzidenz beim malignen Melanom von 1980 bis 2006 für zwei Altersgruppen (14-34 Jahre und 34-59 Jahre). Es ist deutlich zu erkennen, dass die Rate der Neuerkrankungen stetig gestiegen ist und seit den 1980er-Jahren haben sich inzwischen die Erkrankungsraten von Frauen und Männern sogar mehr als verdreifacht (Robert Koch Institut 2010).

⁹ Der Begriff UV-Blocker bzw. Sunblocker ist irreführend, da er nicht bedeutet, dass UV-Strahlung zu 100% abgehalten wird. In den USA sind diese Begriffe nicht erlaubt.

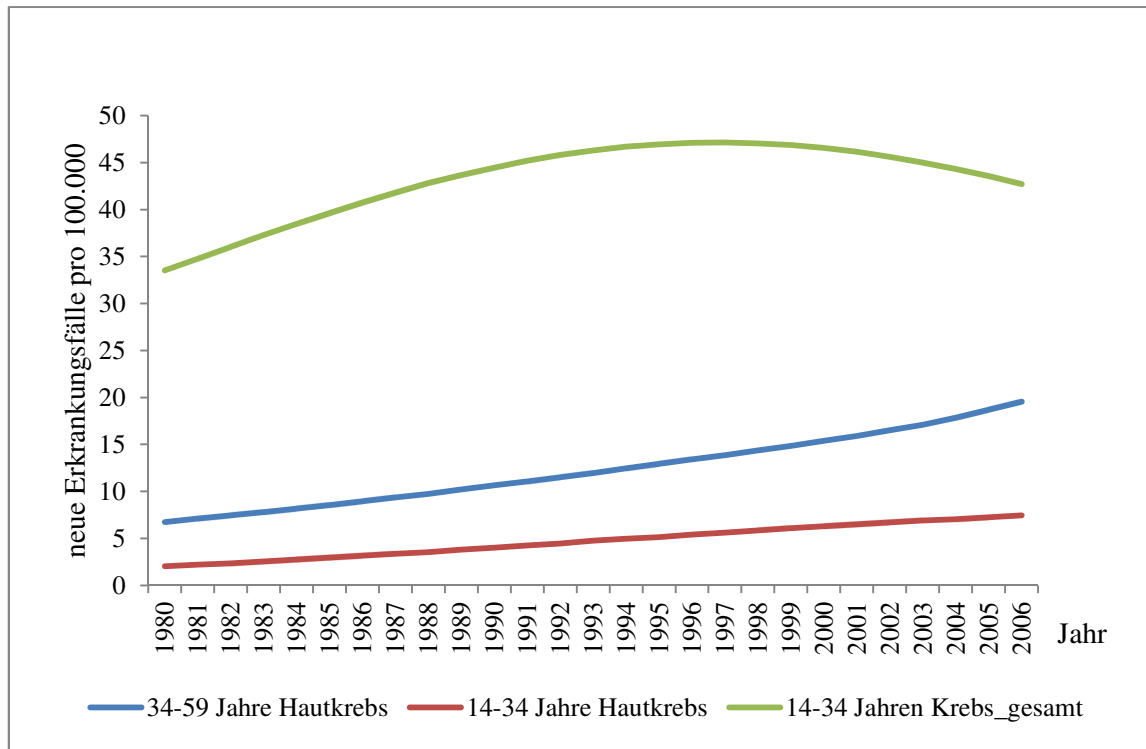


Abbildung 3.1.1 Verlauf der Anzahl der Krebserkrankungen

basierend auf den Daten der online-Datenbank des Robert Koch Instituts, abgerufen am 10.07.2010 unter http://www.rki.de/cln_178/nn_204124/DE/Content/GBE/DachdokKrebs/Datenbankabfragen/datenbankabfragen__node.html?__nnn=true

Eine erhöhte UV-Exposition im Kindes- und Jugendalter und eine hohe Anzahl von Sonnenbränden in dieser Lebensphase sollen zu einem erhöhten Melanomrisiko führen (Luther 1996, Eid & Schwenkmezger 1997, Garbe 2005, Augustin 2008), allerdings sind hier die Befunde nicht einheitlich, wie Pfahlbertg et al. (2000) zeigen konnten. Für nicht-melanome Karzinome ist die kumulative UV-Lebenszeitdosis festgestellt, wobei geschätzt wird, dass davon 80% im Kindes- und Jugendalter erworben werden (Eid 2003). Da die Mitwirkung von UV-A Strahlung an der Bildung des malignen Melanoms erst seit kurzer Zeit klar beschrieben ist, könnte dies noch eine bedeutende Rolle für die Lebenszeitdosis spielen. Wie schon in anderen Studien angeführt wurde, konnten auch Phahlberg et al. (2000) bestätigen, dass unabhängig vom Lebensalter, fünf und mehr Sonnenbrände zu einer Verdopplung des Melanomrisikos führen.

Die gestiegene Hautkrebsrate lässt sich trotz vorhandener Präventionskampagnen (siehe folgendes Kapitel) zum Teil auf ein verändertes Freizeitverhalten zurückführen. Vielmehr Menschen verbringen längere Zeiten in der Sonne, was nicht zuletzt auf ein verändertes Schönheitsideal zurückzuführen ist: „braun sein“ gilt in den westlichen Gesellschaften als „schön“ und wird vermeintlich als Zeichen für Gesundheit angesehen.

3.2 Wissen zu UV-Strahlung, Hautkrebs und Sonnenschutzverhalten

Dass eine intensive Sonnenexposition negative Auswirkungen auf den Körper haben kann, scheint inzwischen einer Vielzahl an Kindern und Jugendlichen bekannt zu sein, von ihnen genannt werden Sonnenstich, Sonnenbrand und Hautkrebs (mit geringerer Nennhäufigkeit). Bei einer differenzierten Betrachtung zeigt sich jedoch, dass das Wissen um Wirkungen und Ursachen von UV-Strahlung, Möglichkeiten zum UV-Schutz und die Disposition der eigenen Person zu einem angemessenen Sonnenschutzverhalten sehr heterogen verteilt ist und im allgemeinen große Mängel im Hinblick auf die Prävention von Hautkrebserkrankungen aufweist. So zeigten Bishop et al. (1997), dass Wissen und Bewusstsein um die Problematik von Sonnenexposition und Hautkrebs bei Kindern zwischen 5 und 11 Jahren wenig ausgeprägt ist. In einer Untersuchung von Stachelscheid und Hensen (2000) wurde das Wissen zum Sonnenschutz von 156 Grundschulern der 3. und 4. Jahrgangsstufe erhoben und auch hier zeigte sich, dass das Wissen wenig ausgeprägt ist und sich sehr heterogen verteilt. Am häufigsten wird der Sonnenbrand als eine schmerzhafteste Erfahrung angegeben, gegen die man sich mit Sonnencreme schützen kann. Hautkrebs wird lediglich von zwei Schülern thematisiert. Insgesamt ist festzustellen, dass viele Aspekte zum Sonnenschutz einerseits zwar bekannt sind, fundiertes Wissen scheint aber kaum vorzuliegen oder es sind sogar falsche Vorstellungen vorhanden. Auch die Erhebungen dieser Untersuchung zu Schülern der Jahrgangsstufe 5 zeigen vergleichbare Befunde (siehe Kapitel 7.1).

Mit Zunahme des Alters steigt der Kenntnisstand, wie auch die Befragung von Jugendlichen, jungen Erwachsenen und Erwachsenen von Eichhorn et al. (2008) zeigt. Auch hier wurde der Einsatz von Sonnenschutzmitteln als wichtigste protektive Maßnahme genannt. Allerdings zeigt sich in dieser Untersuchung auch, dass die Kenntnisse um Gefahren der UV-Strahlen und um Schutzmöglichkeiten nicht verhaltenswirksam werden. 90% kannten Hautkrebs als mögliche Spätfolge der Sonnenexposition, 91% wussten dass sie sich z. B. mit Sonnenschutzmitteln schützen können. Im Gegensatz dazu gaben lediglich 65% an, sich auch tatsächlich zu schützen (Eichhorn et al. 2008). Zudem kann die Anwendung von Schutzmaßnahmen der Situation nicht angemessen und unzureichend sein, wie eine norwegische Studie zur Anwendung von Sonnenschutzmitteln bei sonnenbadenden Schülern gezeigt hat (Schwarzer 2004, S.269). Stachelscheid und Luse (2004) konnten in einer vergleichenden Befragung von deutschen und australischen Studenten zum Thema Sonnenschutz zeigen, dass das Sonnenschutzverhalten vom Wissen um Sonnenschutz eine deutliche Diskrepanz aufweist, trotzdem kommen die Autoren zu dem Fazit: „Je größer das Handlungswissen desto besser auch das Verhalten“ (Stachelscheid & Luse 2004, S.9).

3.3 Gesundheitserziehung und Präventionsmaßnahmen

Es gibt unterschiedliche Vorstellungen zum Begriff Gesundheit und Konzeptionen der Gesundheitserziehung. Eine allgemeine Definition zum Begriff Gesundheit wurde schon 1946 der WHO verfasst, die schon damals wesentliche Merkmale des modernen Gesundheitsverständnisses beinhaltet: *„Gesundheit ist der Zustand des vollkommenen körperlichen, seelischen und sozialen Wohlbefinden und nicht nur das Freisein von Krankheit und Gebrechen“* (WHO 1946) Eine differenzierte Position betrachtet Gesundheit als *„Zustand des objektiven und subjektiven Befindens einer Person, der gegeben ist, wenn diese Person sich in physischen, psychischen und sozialen Bereichen ihrer Entwicklung im Einklang mit den eigenen Möglichkeiten und Zielvorstellungen und den jeweils gegebenen äußeren*

Lebensbedingungen befindet (Kolip, Hurrelmann & Schnabel 1995) und macht dabei deutlich, dass „Gesundheit ein mehrdimensionales Konzept darstellt“ (Vogt 1998). Daher zielt die aktuelle Gesundheitserziehung darauf, den Einklang zwischen den einzelnen Dimensionen herzustellen, z.B. dadurch, dass ein Individuum Wissen und Handlungskompetenz erlangt, was gleichbedeutend mit der individuellen Beeinflussung des Gesundheitsverhaltens durch pädagogische Maßnahmen ist. Hier spannt sich ein breites Interventionsspektrum zwischen salutogen und pathogen orientierter Verhaltensbeeinflussung auf. Während der salutogene Ansatz eine Gesundheitsförderung z.B. durch die Stärkung individueller Fähigkeiten anstrebt, zielt der pathogene Ansatz vor allem auf die Strategie der Krankheitsvermeidung z.B. durch Minimierung von Risikofaktoren ab (vgl. Troschke 1995).

Letzterer Ansatz bildet eine wesentliche Grundlage für das Health Belief-Modell (Becker 1974) zum Gesundheitsverhalten, bei dem davon ausgegangen wird, dass der Mensch in Bezug zu seiner Gesundheit rational bestimmt handelt (Schwarzer 2004, S. 40 ff.). Ausgehend von individuellen Voraussetzungen, erfolgt nach dem Health-Belief Modell eine Kosten-Nutzen Abwägung zwischen der Bedrohungslage z.B. angesichts des Schweregrads einer möglichen Krankheit und den Möglichkeiten und Anstrengungen zur Abwendung der Bedrohung, aus der schließlich ein entsprechendes Gesundheitsverhalten resultiert (Jerusalem 1997, S. 576). Ein weiteres Modell zum Gesundheitsverhalten ist die Theory of Reasoned Action (Ajzen & Fishbein 1980), die davon ausgeht, dass „*Menschen im Einvernehmen mit ihren Absichten handeln*“ (Schwarzer 2004, S. 45). Grundlage ist hier, dass persönliche und normative Überzeugungen gesundheitsrelevante Einstellungen erzeugen, aus denen schließlich Verhaltensintentionen und Verhalten folgen.

In der unterrichtlichen Umsetzung führten diese Modelle zu Unterrichtskonzeptionen, in denen über Aufklärung zu körperlichen Auswirkungen und gesundheitlichen Risiken, z.B. beim Rauchen, zu positiv veränderten Einstellungen, Normen und Intentionen gelangt werden sollte, damit sich ein protektives Gesundheitsverhalten ausbildet. Dazu wurden häufig extreme mediale Darstellungen, z.B. Bilder von Lungenkarzinomen, eingesetzt, die zum Ziel hatten, Ängste zu wecken und damit eine Abschreckungsfunktion erfüllen sollten. Der Erfolg solcher Unterrichtskonzeptionen „war sehr enttäuschend“ (Jerusalem 2003, S.462). Ein Grund u.a. ist, dass beim Health Belief-Modell der Einfluss der Bedrohung überschätzt wird, d.h. die Konfrontation z.B. mit Bildern von möglichen Krankheitsverläufen stellt keine ausreichende Motivation dar, um auch Handlungen zur Gesundheitsprävention folgen zu lassen (Schwarzer 1997, S. 47). Auch in Bezug auf das Thema Sonnenschutz zeigt sich, dass nur reine Wissensvermittlung nicht ausreicht, um ein protektives Gesundheitsverhalten hervorzubringen, so reicht das Wissen um die Gefahren der UV-Exposition nicht um Einstellungen und Verhalten zu ändern, wie z.B. durch eine verbesserte Anwendung von Sonnenschutzmitteln (Eid & Schwenkmezger 1997, Blum & Garbe 2001, Stacheldscheid & Luse 2004). Zudem hat sich gezeigt, dass für Menschen (auch bzw. gerade Kinder und Jugendliche), die allgemein zu einem höheren Risikoverhalten neigen, auch intensives Sonnenbaden reizvoller ist.

Es gibt eine Reihe unterschiedlicher Präventionsmaßnahmen, das betrifft sowohl Primär- (Maßnahmen zur Aufklärung und Verhinderung von UV-Gesundheitsschäden), Sekundär- (z.B. Maßnahmen zur Früherkennung von Hautkrebs) und Tertiärprävention (Therapie- und Rehabilitationsmaßnahmen). In Deutschland nehmen die Arbeitsgemeinschaft Dermatologische Prävention e.V. (ADP) und die deutsche Krebshilfe e.V. (DKH) seit 1987

die Aufgabe zur Erstellung von Interventionsmaßnahmen der primären und sekundären Prävention von Hautkrebs wahr (Augustin 2008). Diese bestehen hauptsächlich aus der Erstellung von Aufklärungsbroschüren. Ein übergeordnetes Kampagnenmotto ist z.B. „Liebe die Sonne und schütze deine Haut“ (Augustin 2008, S. 199). Viele dieser Materialien sind im Sinne des Health Belief-Modells konstruiert, u.a. mit drastischen Bildern und Filmen (z.B. von extremen Sonnenbränden, Hauttumoren), die auf Abschreckung abzielen. Seit dem Jahr 2002 ist das Lebensphasenprogramm angelaufen, bei dem die Interventionsmaßnahmen die Lebensphasen eines Menschen ab der Geburt begleiten sollen. Grundlage für dieses Programm sind die EUROSkin-Konferenzen (European Society of Skin Cancer Prevention), die u.a. zusammen mit der WHO durchgeführt werden.

ADP und DKH haben Unterrichtsmaterialien erstellt, ein Materialienpaket für die Klassen 1-4 und einmal für die Klassen 6-10. Bei den hier angegebenen Lernzielen zum Wissen, Verhalten und den Fähigkeiten, die mit diesen Materialien vermittelt werden sollen, findet sich z. B.:

→ zum Bereich Wissen (dieser Bereich weist insgesamt 10 Punkte auf):

- „Die Kinder werden lernen...“ dass,
 - „...die Sonne sowohl wohltuende als auch schädigende Wirkungen auf die Menschen hat.“
 - „...sich die Sonnenstrahlen aus sichtbarer und fühlbarer Strahlung und aus der gefährlichen unsichtbaren UV-Strahlung zusammensetzen“

→ zum Bereich Verhalten (4 Punkte):

- „Die Kinder werden lernen...“
 - „...Sonnenschutzmaßnahmen zu gebrauchen“
 - „...andere zu unterstützen, sich vor der Sonne zu schützen.“
 - „...Verantwortung für die eigene Gesundheit zu übernehmen.“
 - „...dem gesellschaftlichen Druck zu widerstehen, braun sein zu müssen.“

→ um Bereich Fähigkeiten (6-7 Punkte):

- „Die Kinder werden lernen...“
 - „...ihr Wissen über Risiken der Sonnenbestrahlung und ihre persönliche Einstellung zur Minimierung dieser Risiken auszudrücken.“
 - „...Sonnencreme richtig aufzutragen.“
 - „...Strategien zur Minimierung der Sonnenbestrahlung zu benennen.“

ADP und DKH (2007)

Die zur Verfügung gestellten Materialien (z.B. das Schülerheft) sind jedoch hinsichtlich der aufgeführten Ziele aus didaktischer und lerntheoretischer Sicht oberflächlich gestaltet und enthalten zudem in weiten Teilen nur appellativ formulierte (Verhaltensmaß-) Regeln. Eine unterrichtliche Umsetzung erfordert daher eine große Anstrengung durch die Lehrkraft, damit Verhaltensziele wie z.B. Verantwortung für die eigene Gesundheit zu übernehmen, erfolgreich sein können. Konkrete oder detaillierte Hilfestellung gibt es an dieser Stelle nicht.

Eid und Schwenkmetzger (1997) führen eine Reihe unterrichtlicher Präventionsprogramme auf und halten fest, dass alle Programme primär spezifisches Wissen zum inhaltlichen

Fokus haben und „dadurch die Empfänglichkeit für die Hautkrebsthematik zunimmt“ (S.108). Dagegen verändern sich Einstellungsvariablen nur in mehrstündigen Unterrichtsprogrammen. Beim Versuch Verhaltensänderungen herbei zu führen, schneiden die Unterrichtsprogramme insgesamt relativ schlecht ab (Eid und Schwenkmetzger 1997, vgl. Eid 2003). Die Autoren (s.o.) fordern daher „Strategien zum Aufbau von gesundheitsbezogenen Handlungsrouinen in Hautkrebspräventionsprogramme zu integrieren“. Dies kann im Rahmen von Multikomponentenprogrammen erfolgen, die aus mehreren Einheiten bestehen.

3.4 Präventionsmaßnahmen in der Schule

Primäre und sekundäre Präventionsmaßnahmen sind angesichts steigender Hautkrebsraten weiterhin notwendig und offensichtlich müssen diese Maßnahmen weiter, vor allem im Hinblick auf eine Beeinflussung von Intention und Verhalten bei Schülern, verbessert werden. Dazu gehört, dass das Thema Sonnenschutz explizit in die curriculare Obligatorik aufgenommen werden sollte, zumal sich hier eine Reihe von Anknüpfungspunkten zu anderen Fachinhalten in den naturwissenschaftlichen Fächern anbieten, wie z.B. UV-Strahlung (Physik) und Aufbau der Haut (Biologie). Diese Anknüpfungen sind zudem auch notwendig, da die naturwissenschaftlich-medizinischen Grundlagen zum Verständnis und zur Bildung einer ausreichenden Wissensbasis für ein adäquates Sonnenschutzverhalten zu anspruchsvoll und komplex sind, als dass diese in einer kurzen Unterrichtseinheit abgehandelt werden können. Zudem verlangt das Thema Sonnenschutz, dass Schüler zu einer individuell bedingten Handlungskompetenz z.B. in Abhängigkeit von ihren persönlichen Voraussetzungen (z.B. Hauttyp) und Lebensumstände (z.B. Freizeitverhalten) gelangen.. Appellative Informationsmaterialien werden das kaum leisten können, stattdessen bedarf es Lerneinheiten bei denen kognitive, affektive und soziale Kompetenzen angesprochen werden, ganz im Sinne eines mehrdimensionalen Gesundheitsverständnisses. Konkret bezüglich einer Sonnenschutzsituation könnte das bedeuten:

- dass man seinen Hauttyp kennen muss, um das richtige Sonnenschutzmittel, bei einer bekannten UV-Exposition (die zudem richtig eingeschätzt werden sollte) wählen und anwenden zu können;
- obwohl alle Freunde keinen Sonnenschutz betreiben wollen, muss man selbstbewusst genug sein, um sich trotzdem einzucremen und sich vorwiegend im Schatten aufzuhalten.

Der erste Punkt ist eine Frage des Wissens, dagegen hängt der zweite Punkt von Variablen wie Selbstkonzept, Kommunikationsfähigkeit und den eigenen gesundheitlichen Überzeugungen ab.

Unterrichtskonzepte müssen also Möglichkeiten bieten, die oben genannten Kompetenzen zu steigern. Dazu wird es notwendig sein, das Thema für Schüler methodisch und medial so attraktiv zu gestalten, dass sie für sich selbst ein bedeutendes Interesse am Sonnenschutz entwickeln können.

4 Design-Based Research

Zahlreiche Ergebnisse der fachdidaktischen Forschung werden bedauerlicherweise im schulischen Unterrichtsalltag kaum umgesetzt, das bedeutet offensichtlich, dass ein systematischer Theorie-Praxis Transfer nicht gelingt. Deutlich wird dieses Problem für die Chemiedidaktik bzw. den Chemieunterricht beispielsweise in der Untersuchung von Pöpping und Melle (2002), die der Frage nachgeht, welche Unterrichtskonzeptionen Chemielehrern bekannt sind und welche tatsächlich in ihrem Unterricht genutzt werden. Sie kommt zu dem Ergebnis, dass Chemielehrer verhältnismäßig wenige Unterrichtsverfahren kennen und daher größtenteils Unterrichtsstunden in der Sekundarstufe I aus informativ-darlegendem Unterricht bestehen.

Das angesprochene Theorie-Praxis Problem ist aus vielen anderen wissenschaftlichen Disziplinen (z.B. aus den Ingenieur- und Naturwissenschaften) bekannt und wird in der Literatur mit unterschiedlichsten Ansätzen beschrieben (vgl. Messner 2001, Stark 2004). Es stellt sich daher grundsätzlich die Frage, inwieweit sich Ergebnisse der Grundlagenforschung in Nutzungs- und Anwendungsaspekten niederschlagen können. Ein Weg, dieser Problematik zu begegnen, kann es sein, sowohl grundlagen- als auch nutzungsbezogen zu forschen. Exemplarisch vertritt diesen Weg die Position von Louis Pasteur im Quadrantenmodell von Stokes (in Fischer F. et al. 2005). Innerhalb dieses Modells nimmt Louis Pasteur mit seinen grundlegenden wissenschaftlichen Erkenntnissen, die aus einer anwendungsorientierten Problemstellung resultierten (z.B. die Fragestellung *Wie sich das Verderben bestimmter Lebensmittel vermeiden lässt?*), eine Zwischenposition zu den Forschungsperspektiven ein, wie sie beispielsweise Nils Bohr und Thomas Edison eingenommen haben. Bohr steht hier mit seiner Entwicklung des Atommodells für eine rein an Grundlagen orientierte Forschung, während Edison sein wissenschaftliches Labor nur zur Optimierung der Anwendungsmöglichkeiten der Elektrizität unterhielt (Fischer F. et al. 2005). Auch die Fachdidaktik sollte sich ähnlich wie Pasteur in der Mitte verorten, um Theorie und Praxis besser zu vereinen.

Im folgenden Abschnitt wird mit Design-Based Research (DBR) ein Forschungskonzept vorgestellt, mit dem es möglich ist, sowohl grundlagen- als auch nutzungsorientiert zu forschen:

„Design experiments are pragmatic as well as theoretical in orientation in that the study of function -both of the design and of the resulting ecology of learning- is at the heart of the methodology” (Cobb et al. 2003).¹⁰

4.1 Elemente und Ablauf des DBR

Ann Brown (1992) prägte den Begriff des Design Experiments um eine Forschungsperspektive zu eröffnen, in der Unterricht wissenschaftlich unter realen Bedingungen betrachtet werden kann. Ausgehend von dieser Forschungsperspektive haben sich verschiedene Begriffe herausgebildet, die z.T. synonym verstanden werden können, da sie in ihrem Kernanliegen dem Design-Based-Research zugeordnet werden können und lediglich unterschiedliche Aspekte betonen: Design Research, Design-Based-Research, Educational Design Research, Teacher-Research (vgl. Design-Based-Collective 2003, van den Akker et al. 2006, Cernusca 2008).

Das Kernanliegen in Bezug auf Lernen ist eine „nachhaltige Innovation“, die von dem Verständnis einer „Ökologie des Lernens“ ausgeht, „die wesentlich komplexer ist, als dass

¹⁰ Design Experiment ist synonym zu Design-Based-Research zu verstehen, siehe nächster Abschnitt

man sie durch die Herstellung eines für Experimente tauglichen Variablen-Sets nachbilden könnte. Ziel ist es, durch systematische Gestaltung, Durchführung, Überprüfung und Re-Design genau diese Komplexität besser als bisher zu durchdringen“ (Reinmann 2005).

Der Begriff Design soll die Prozessorientierung als den herausragenden Charakterzug des DBR betonen. Dieser (Forschungs-) Prozess besteht aus vielen wechselseitigen Beziehungen, aus deren Dynamik sich ein (vorläufiges) Forschungsergebnis entwickelt. Die Faktoren, die im Prozess mitwirken und deshalb berücksichtigt werden sollen, sind äußerst vielfältig, da DBR die Variablen der Lernumgebung, der Lernsituation und Lernaktivitäten unter alltäglichen, realen Bedingungen und in ihrer Komplexität erfassen will.

Vergleicht man verschiedene Kategorien typischer empirischer Untersuchungsvorhaben zum Lernen, wie z.B. das Laborexperiment mit dem DBR, so zeigen sich eine Reihe von Unterschieden, die sich vorwiegend aus der Prämisse des DBR ableiten, die Komplexität des Lernens möglichst in Gänze erhalten und erfassen zu wollen. Die folgende Tabelle 4.1 stellt verschiedene Kategorien vergleichend gegenüber und spricht für sich selbst:

Tabelle 4.1 Vergleich psychologische Laborexperimente/ DBR

<i>Kategorie</i>	<i>Psychologisches Laborexperiment</i>	<i>Design-Based Research</i>
Forschungssituation	erfolgt in Laborsituationen, d.h. in einem besonderen Lehr-Lernsetting	erfolgt in alltäglichen Unterrichtssituationen, d.h. unter realen Lernbedingungen
Komplexität der Variablen	häufig reduzierte Betrachtung auf eine (oder zwei bzw. wenige) abhängige Variablen	bezieht mehrere (möglichst viele) abhängige Variablen ein, einschließlich situativer, systematischer und Ergebnis-Variablen
Forschungsperspektive	fokussiert die Identifikation und das Konstanthalten weniger Variablen	Charakterisiert die Situation in all ihrer Komplexität, vieles ist nicht <i>a priori</i> festgelegt ist
Vorgehensweise	verwendet vorher festgelegte Verfahrensschritte, die nicht mehr verändert werden	schließt eine flexible Veränderung des Forschungsdesigns ein, insofern, als dass es eine anfängliche Forschungsskizze gibt, die sich im Verlauf des DBR-Prozesses weiter entwickelt und ausdifferenziert
Umfang sozialer Interaktion	isoliert Lerner/Lernende, um Interaktion zu kontrollieren	bezieht häufig komplexe soziale Interaktionen der Teilnehmer ein
Charakterisierung der Befunde/Ergebnisse	fokussiert die Versuchshypothese	bezieht die Betrachtung zahlreicher Aspekte des Forschungsdesigns und die Entwicklung eines Profils ein, das das Design in der praktischen Umsetzung charakterisiert
Rolle der Teilnehmer/Mitwirkenden	behandelt Teilnehmer als Probanden	bindet die unterschiedliche Funktion mehrerer Teilnehmer/Mitwirkender in die Erstellung und Analyse des Forschungsdesigns ein

(verändert nach Barab & Squire 2004)

Ein weiteres Charakteristikum des DBR ist es, während des ganzen Prozesses Erfahrungen und Zwischenergebnisse auf das Forschungsvorhaben hin zu reflektieren und gegebenenfalls das Design anzupassen. Das kann auch bedeuten, die ursprünglichen Untersuchungsziele neu zu überdenken. Dadurch soll es möglich werden, eine optimierte Passung zwischen Forschungsanliegen und Forschungsgegenstand zu erreichen. Auch hier gilt das Prinzip der Adaptivität, analog zum Lernprozess. Mit dem DBR ergibt sich die Möglichkeit Untersuchungsziele offener und explorativer zu fassen. Für die Beantwortung von dichotomen Forschungsfragen eignet sich DBR jedoch weniger. So ergibt sich als theoretischer Output z.B. die Aufstellung von kontext- bzw. bereichsspezifischen Theorien (vgl. Cobb, Confrey, diSessa, Lehrer & Schäuble, 2003; DBRC, 2003). Nach Edelson ergeben sich „design frameworks“, die als didaktische Szenarien zur Gestaltung von Lernumgebungen zugrunde gelegt werden können (nach Reinmann 2005).

Gerade wegen der aufgezeigten Vielfältigkeit des DBR ist es notwendig ein individuelles Ablaufschema zu erarbeiten, das als Designskizze den Forschungsprozess anleitet und einen Überblick ermöglicht. In den Abbildungen 4.1.1 und 4.1.2 sind solche allgemein gefassten Skizzen zu sehen. Im Ablaufschema nach Taylor werden zunächst theoriegeleitet Problembereiche erörtert und darauf aufbauend Fragen entwickelt, vor deren Hintergrund wiederum das Forschungsdesign entwickelt wird, welches einen Leitfaden für den Forschungsprozess darstellt (Phase 1). Nun kommt es zur ersten Testung des Designs (Phase 2). Anschließend kann das inzwischen modifizierte Design z.B. über eine Feldstudie (Phase 3) zu theorie- und praxisorientierten Ergebnissen führen. Grundlegende Eigenschaft dieses Prozesses ist, dass stets eine Reflektion und ein Abgleich zwischen dem ursprünglichen Design und dem tatsächlichen Ablauf bzw. ersten Zwischenergebnissen stattfindet. Dadurch entwickelt sich ein Re-Design, so dass unter anderem eine Adaptierung des Forschungskonzepts zum Beispiel durch die Modifikation der Erhebungsinstrumente an die zu erforschende Situation erfolgt.

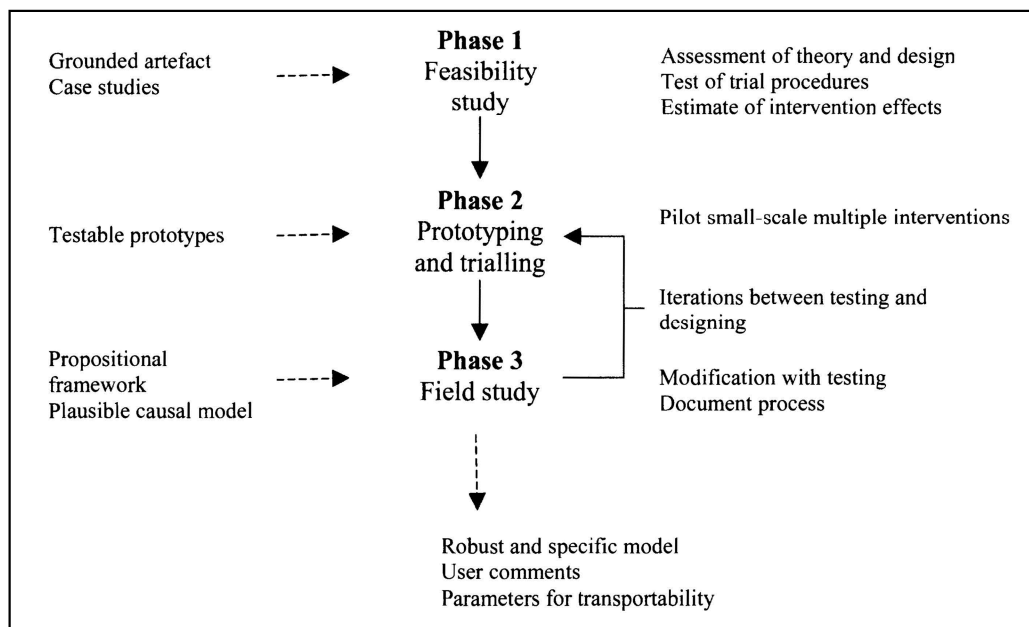


Abbildung 4.1.1 Ablaufschema Design Experiment (Taylor 2004)

Ausgehend von dem oben skizzierten Vorgehen sollte diese Darstellung erweitert werden, da mit Erreichen eines ersten Modells nach Phase 3 streng genommen die Phase 1 wieder folgen sollte. Zudem wird hier nicht deutlich, dass Phase 2 ebenfalls aus kleinen in sich

geschlossenen Untersuchungszyklen bestehen kann, anhand derer das Design einer Studie modifiziert und verifiziert wird. Diese beiden Aspekte werden in der Abbildung 4.1.2 nochmals verdeutlicht.

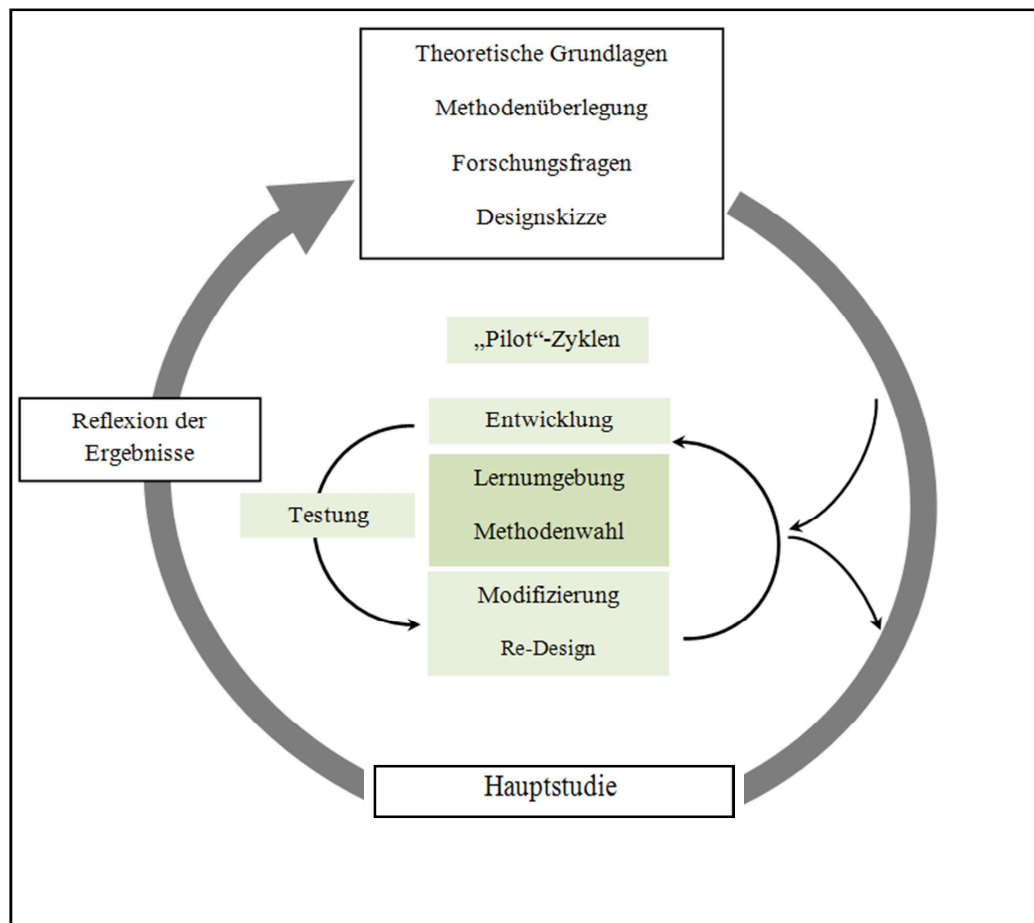


Abbildung 4.1.2 Zyklisches DBR Schema

(vgl. Stachelscheid & Kohnen 2007, Juuti 2006)

In Anlehnung an die Guidelines for Carrying out Design Research (Collins & Bielaczyc 2004, vgl. auch Reinmann & Vohle 2004) müssen in diesem Ablaufschema folgende Aspekte bedacht werden:

Grundlagen und Entwicklung des Designs

- Aufstellen der Forschungsfragen, die mit Hilfe des DBR untersucht werden können.
- Erarbeitung des theoretischen Hintergrunds
- Erstellung einer Designskizze mit den entsprechenden Mikro- und Makrozyklen
- Auswahl geeigneter Untersuchungsinstrumente, häufig Mixed-Methods (d.h. quantitative und qualitative Instrumente)

Pilotierung und Modifizierung

- Pilotierung zur Anpassung der Entwicklungsarbeit an reale Verhältnisse, z.B. bei der Gestaltung einer Lernumgebung die Passung in Bezug zur Lernerakzeptanz oder des Anforderungsniveaus zu den kognitiven Voraussetzungen des Lernalters.

- Modifizierung bedeutet, dass alle Zwischenergebnisse auf den ganzen Prozess hin reflektiert werden; was auch dazu führen kann, dass die Forschungsfragen neu überdacht werden müssen:

Bisher sind Forschungsvorhaben mit DBR als konzeptueller Grundlage relativ selten vertreten. Beispiele gibt es vor allem bei der Untersuchung von computergestützten, multi-medialen Lernumgebungen (Wang & Hannafin 2005, Cernusca 2007). Hier sind auch Studien aus dem naturwissenschaftlichen Unterricht bekannt (Juuti 2005, Juuti & Lavonen 2006, Meijer et al. 2008).

Insgesamt stellt DBR einen Paradigmenwechsel für die Konzeption von (Unterrichts-) Forschung dar, weil weder der In-/Output noch der Lernprozess einseitig betrachtet werden soll. Die Offenheit des Konzepts hat jedoch zu viel Kritik in Bezug auf die Wissenschaftlichkeit des DBR geführt und soll deshalb im nächsten Abschnitt näher betrachtet werden.

4.2 Kritische Diskussion zur Wissenschaftlichkeit des DBR

Die besonderen Merkmale des DBR sind neben dem adaptiven und flexiblen Forschungs-verlauf, der parallele Einsatz von quantitativen und qualitativen Erhebungsverfahren. Hierfür besteht in der Regel eine zwingende Notwendigkeit, da möglichst viele Informationen nicht nur direkt auf die Forschungsfragen bezogen festgehalten werden sollen. Dadurch lassen sich die Untersuchungsergebnisse auch auf die situativen Bedingungen hin analysieren. Damit verbunden ist die Frage, wie die große Informations-menge aus der Vielfalt der Erhebungsmethoden in eine differenzierte Auswertung der Daten übergehen kann. DBR verfolgt dabei zwei Strategien. Zum einen soll durch die um-fassende deskriptive Darstellung der Forschungsergebnisse, den Beschreibungen der Forschungsbedingungen und der konkreten Lernsituation eine Transparenz erzeugt werden, die die Ergebnisse des DBR besser reflektieren lassen (z.B. in Bezug auf die Anwendbarkeit der Ergebnisse in der Unterrichtspraxis). Zum anderen verfolgt DBR eher das Ziel, Hypothesen bildende Ergebnisse zu generieren (Theoriebildung) als allgemein-gültige Aussagen zu treffen oder zu überprüfen (Theorieüberprüfung). Ein Grund hierfür ist, dass beim DBR nicht alle Variablen als konstant und damit als unabhängig angesehen werden können. Collins (2004) fasst diese Probleme wie folgt zusammen:

„Design experiments have some fundamental limitations. Because they are carried out in the messy situations of actual learning environments, such as classrooms or afterschool settings, there are many variables that effect the success of the design, and many of these variables cannot be controlled.“ (Collins 2004)

Auch wenn das Forschungskonzept DBR eine große Flexibilität und Adaptivität bietet, muss es Kriterien der Wissenschaftlichkeit erfüllen, um wissenschaftliche Aussagen treffen zu können. Hier ist zu berücksichtigen, dass sich wissenschaftliche Aussagen nicht ausschließlich dadurch als solche ausweisen, dass man sie beweisen und/oder ihren Wahrheitsgehalt objektiv nachweisen kann. Stattdessen müssen diese Aussagen anhand nachvollziehbarer theoretischer und empirischer Darstellungen als wahr bzw. wahrscheinlich eingestuft werden, um wissenschaftlichen Gütekriterien zu genügen (Rost 2004). Durch die Idee im DBR Ansatz, Ergebnisse und Prozess immer wieder neu zu überdenken, setzt dieses Konzept besonders intensiv das „Prinzip der immer währenden Korrektur“ als primäres Kennzeichen wissenschaftlichen Arbeitens um (Rost 2005, S. 31). Inzwischen

wurde die Frage, ob das DBR genügend Kriterien zur Wissenschaftlichkeit erfüllt, in der Literatur ausführlich diskutiert. Reinmann (2005) resümiert, dass einige Quellen z.B. die Kriterien des NRC¹¹ weitgehend als erfüllt ansehen.

Da das DBR in der Regel multiple Methoden zur Datenerhebung nutzt, bedeutet dies selbstverständlich, dass die einzelnen eingesetzten (standardisierten) Instrumente, sowie deren Erweiterungen und/oder Kombinationen als auch neu entwickelte Instrumente, wissenschaftliche Gütekriterien, wie (Validität, Reliabilität) erfüllen müssen.

Es sind vor allem zwei Punkte, die es im Hinblick auf den Fokus dieser Arbeit zu bedenken gilt:

- Welche Ergebnisse sind zu erwarten, wenn die Forschungsfragen und die Forschungsziele relativ offen gehalten werden?
- Inwieweit gibt es beim DBR generalisierbare Forschungsergebnisse?

In Bezug auf die erste Frage ergibt sich beim DBR die Chance neue Phänomene zu entdecken und damit verbunden weitere neue Forschungsideen zu entwickeln. Gerade für die Lehr-Lern-Forschung stellt das DBR damit eine wichtige Innovationsmöglichkeit dar (Reinmann 2005).

Die zweite Frage ist schwieriger zu beantworten, da viele Daten des DBR in der Regel in Relation zu den situativen Umständen betrachtet werden und damit eingeschränkte Transfermöglichkeit bieten. Aber gerade hinsichtlich einer fachdidaktischen (Forschungs-) Perspektive sind „Lerntheorien mittleren Allgemeinheitsgrads (d.h. fachdidaktische Erkenntnisse)“ (Fischer 2005) wichtige Ergebnisse. Dadurch, dass im DBR die Situation möglichst vielfältig erfasst und beschrieben wird, bieten sich konkrete Transfer- und Anwendungsmöglichkeiten (z.B. für Lehrer), da die Bedingungen weitgehend bekannt sind (vgl. Juuti, Lavonen 2006).

4.3 Abgrenzung zu anderen Forschungskonzepten

Da es sich beim DBR um ein relativ offenes Forschungskonzept handelt, gibt es Überschneidungen zu anderen Forschungsansätzen. Die trennscharfen Unterschiede sollen nun kurz dargestellt werden:

Aktionsforschung

Hinsichtlich ihrer Zielsetzung ähnelt die Aktionsforschung dem DBR. Auch hier steht der Prozess im Mittelpunkt, und es sollen ebenfalls praktikable Lösungen für komplexe Zusammenhänge gefunden werden (Elliot 1991). Allerdings bearbeitet die Aktionsforschung engere explizite Forschungsfragen und ist damit zielgerichteter hinsichtlich des Forschungsergebnisses. Das Forschungskonzept DBR ist im Vergleich zieloffener. Insbesondere im Hinblick auf die Position des Forschers/Forscherteams besteht ein wichtiger Unterschied zum DBR.

Ein „(...) wesentliches Merkmal der Aktionsforschung besteht darin, dass der Forscher oder das Forscherteam und die Betroffenen kooperieren“ (Schäfers 1995).

¹¹ NRC: National Research Council

Besonders deutlich wird dies bei der partizipativen Aktionsforschung, die z.B. in Zusammenarbeit mit Lehrern genutzt wird (Eilks, Ralle 2002). Beim Ansatz des DBR kann der Forscher aktiv z.B. an einer Intervention beteiligt sein, während die Probanden nicht automatisch zu Forschern werden.

Evaluationsforschung

Das Forschungskonzept des DBR bedient sich wie die Evaluationsforschung multipler Untersuchungsmethoden. In beiden Ansätzen kann es erforderlich sein, die unterschiedlichen Datenqualitäten zu kombinieren. Eine Möglichkeit der Auswertung von Combining Methods (Gorard, Taylor 2004) ist z.B. die Triangulation. Während Evaluationsforschung produktorientiert ist, fokussieren Forscher mit dem DBR die Prozessorientierung.

Integrativer Forschungsansatz

Auch der integrative Forschungsansatz versucht, die Anwenderperspektive mit der Grundlagenforschung zu verbinden. Dazu werden Labor- und Feldstudien alternierend kombiniert. Dadurch ist jedoch das methodologische Vorgehen im Gegensatz zum DBR festgelegt (Stark 2004).

Interaktionismus Konzepte

Die Forschungsfragen im Interaktionismus können sich mit denen in der Aktionsforschung oder auch denen des DBR überschneiden. Als sozialwissenschaftlicher Forschungszweig steht die Interaktion des Individuums mit sich selbst und seiner Umwelt im Mittelpunkt. Wie im konstruktivistischen Ansatz wird davon ausgegangen, dass der Mensch seine Erfahrungswelt, in der er lebt, selbst schafft. Allerdings bestehen grundsätzliche theoretische und methodische Differenzen in Bezug auf die Erfassung dieser Interaktionen. Während im DBR Ansatz methodisch keine einseitige Festlegung zur Erfassung von Daten erfolgt, benutzt der Interaktionismus überwiegend interpretative und qualitative Ansätze wie ethnografische Verfahren oder Erzählungen. Als Ergebnis dieser Forschung sollen keine allgemein gültigen, objektiven Theorien stehen, sondern es geht hier um die Darstellung von aktuellen Erfahrungen der Menschen (Denzin 2004).

Teaching Research

Man könnte das Teaching Research als Variante des DBR ansehen, allerdings ist hier der Forscher gleichzeitig auch die Lehrperson. Ferner liegt der Schwerpunkt auf der Erstellung von praxiserprobten und bewährten Produkten für den Unterricht. Theoretische Fragen bzw. allgemeine Forschungsfragen werden höchstens am Rande betrachtet (Czarnocha & Prabhu 2004).

5 Forschungsdesign dieser Arbeit

In den vorangegangenen Kapiteln, besonders in Kapiteln 2.5 und 2.6, wurde dargestellt, welche Bedeutung dem individualisierenden Lernen im Kontext von Unterricht in der Schule zukommt. Dabei zeigt sich, dass zum individualisierenden Lernen noch immer verhältnismäßig wenige Forschungsergebnisse vorliegen und daher ein bemerkenswertes Forschungsdesiderat besteht. Daher besteht ein Teil dieser Arbeit aus der Entwicklung multimedialer und multimodaler Lernumgebungen, um daran anschließend den folgenden zentralen Forschungsfragen nachzugehen.

5.1 Forschungsfragen

Anhand der aktuellen Forschungsergebnisse kann angenommen werden, dass eine offene Lernumgebung, die durch Multimodalität und Multicodierung geprägt ist, interindividuell unterschiedlich genutzt wird (vgl. Kapitel 2.6, 2.7 und 2.8). Des Weiteren kann vermutet werden, dass dadurch der einzelne Lerner seinen optimalen Lernerfolg erreichen könnte. Mit Bezug zum erweiterten Lernwegbegriff werden dem DBR-Ansatz entsprechend, folgende offene Forschungsfragen¹² zugrunde gelegt:

- 1. Welche interindividuellen Unterschiede zeigen sich bei der Nutzung einer multimodalen Lernumgebung?*
- 2. Lassen sich anhand der Lernaktivitäten Typisierungen hinsichtlich des Nutzungsverhaltens vornehmen*
- 3. Welche Lernprofile ergeben sich aus dem Vergleich von Lernaktivitäten, Persönlichkeitsmerkmalen und Lernerfolg?*
- 4. Welche Schlussfolgerungen für die Gestaltung und den Einsatz von multimodalen Lernumgebungen lassen sich aus den Ergebnissen dieser Untersuchung ableiten?*

Im folgenden Abschnitt wird die konkrete Umsetzung des Design-Based Research vorgestellt, anhand derer sich Antworten auf die Forschungsfragen ergeben sollen.

5.2 Untersuchungsdesign

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wird der DBR Ansatz als Forschungskonzeption gewählt und führt zu folgender konkreten DBR-Skizze für diese Forschungsarbeit (Abbildung 5.2.1). Ausgehend von den theoretischen Grundlagen werden offene, multimediale Lernumgebungen geschaffen, die aus einem Computerprogramm (CBT¹³), sowie einer

¹² Die Forschungsfragen müssen im Sinne von DBR offen formuliert sein, damit besteht eine möglichst unvoreingenommene Forschungsperspektive auf die Lernaktivitäten der einzelnen Lerner.

¹³ CBT: Computer Based Training

Experimentierbox für Realexperimente bestehen. Für die Hauptstudie wird eine Lernumgebung zum Thema Sonnenschutz entwickelt, die dem Nutzer mit Blick auf Modalität, Codierung und Fachinhalt zahlreiche Wahlmöglichkeiten bietet.

Zuvor werden anhand zwei kleinerer Lernumgebungen Aspekte zur Multimodalität und Multicodierung, sowie bestimmte Untersuchungsinstrumente wie Lerntagebuch und Fähigkeitsselbstkonzepttest pilotiert.

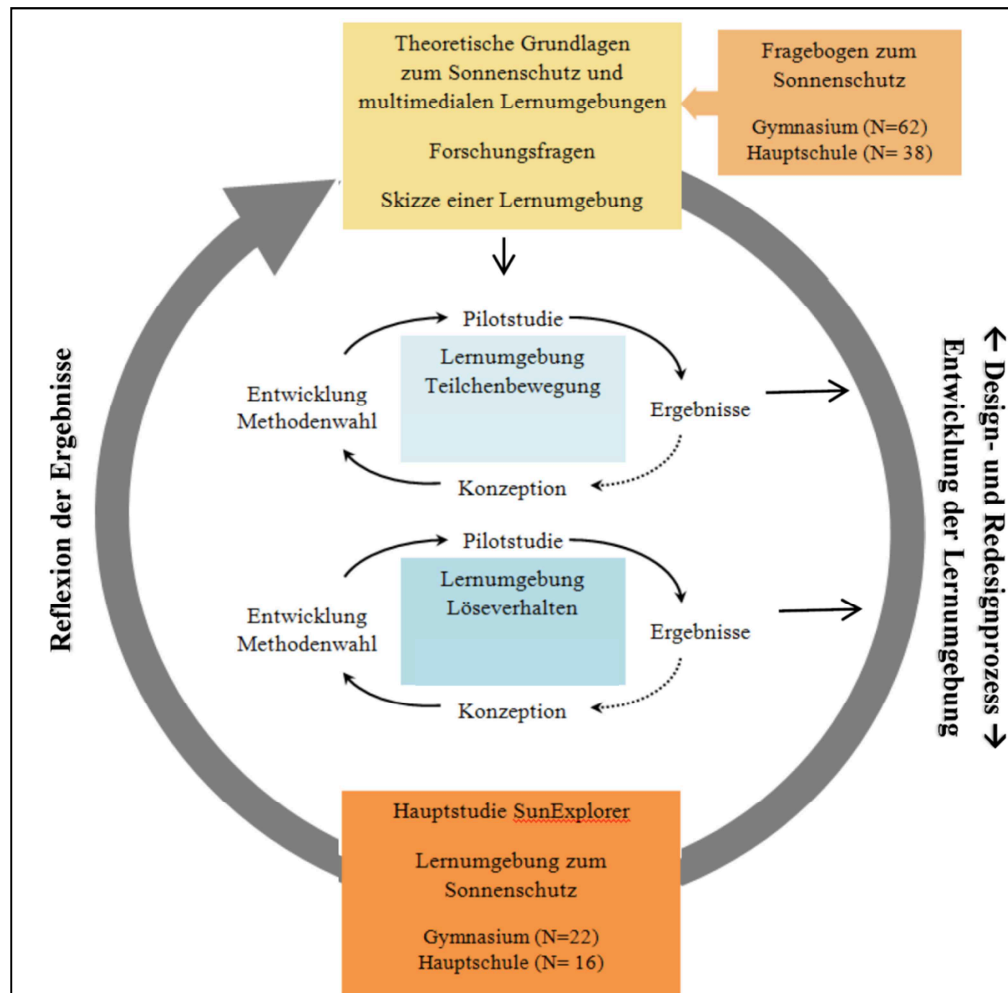


Abbildung 5.2.1 DBR Skizze zur vorliegenden Studie

Alle Lernumgebungen sind durch einen hohen Grad an Entscheidungsmöglichkeiten charakterisiert, die sich auf die Wahl von Inhalten (Lerngegenstand), medialen Zugängen (Film, Text, Animation, Experiment, Interaktion) und Lerntempo beziehen.

Die Lernumgebungen der Pilotstudien sind hinsichtlich des Lerngegenstandes inhaltlich unabhängig von der Hauptstudie, da die Entwicklung dieser Lernumgebungen parallel zur Entwicklung der Lernumgebung der Hauptstudie stattfindet. Aufgrund vorhandener Materialien lassen sich diese Inhalte zeiteffektiver parallel zur Entwicklung der Hauptstudie gestalten. Zudem lässt sich an den Pilotstudien eventuell abschätzen, inwieweit die Wirkung einer multimodalen Lernumgebung inhaltsunspezifisch sein könnte.

Das Thema der Hauptstudie begründet sich, wie in der Einleitung erwähnt ist, aus dem Forschungsdesiderat ein gesundheitsbewusstes Verhalten von Kindern bezüglich Sonnenschutz zu fördern.

Die Untersuchungsgruppe soll dabei ein möglichst großes Spektrum an Lernvoraussetzungen abdecken, da es eine Perspektive dieser Arbeit ist, eine Lernumgebung für möglichst viele Lerner zu erstellen. Deshalb sind für die Hauptstudie jeweils eine Lerngruppe aus der Hauptschule und dem Gymnasium vorgesehen.

Als Probanden werden Schüler der Jahrgangsstufe 5 gewählt, da bei ihnen aufgrund des Alters eine große Bedeutung von Sonnenschutz gegeben ist und zudem erwartet wird, dass sie schon gute kognitive Möglichkeiten besitzen, um sich mit komplexen Themen auseinander setzen zu können (vgl. Prenzel et al. 2003).

Für die Forschungsfragen werden vielfältige Informationen aus der Lernsituation mit diesen Lernumgebungen benötigt, sodass eine Reihe an Untersuchungsinstrumenten eingesetzt werden müssen. Diese lassen sich in zwei Bereiche gliedern:

- a) Untersuchungsinstrumente, die zur Erhebung von Persönlichkeitsmerkmalen genutzt werden, wie z.B. kognitive Fähigkeiten.
- b) Instrumente anhand derer sich Daten zum Lernprozess ergeben.

Aus der Kombination der erhobenen Daten sollen sich dann beispielweise Lernprofile (re-)konstruieren lassen. Die Abbildung 5.2.2 zeigt im Überblick die eingesetzten Untersuchungsinstrumente, die in den Darstellungen der einzelnen Studien näher erläutert werden.

Persönlichkeitsmerkmale <ul style="list-style-type: none"> • Kognitive Fähigkeiten • Selbstkonzept • Motivation • Interesse, Wichtigkeit • Wissen 	Testinstrumente <ul style="list-style-type: none"> • CFT-20 (Pretest) • SESSKO (Pretest) • SELMO (Pretest) • Fragebogen (Pre-/Posttest) • Fragebogen (Pre-/Posttest)
Prozessdaten <ul style="list-style-type: none"> • Nutzungsverhalten 	Testinstrumente <ul style="list-style-type: none"> • Screencast • Video • Lerntagebuch

Abbildung 5.2.2 Überblick Untersuchungsinstrumente

Die technischen Grundlagen zur Realisierung der Lernumgebungen sind im folgenden Abschnitt kurz ausgeführt.

5.3 Technische Grundlage zur Erstellung der Lernumgebungen

Zur Erstellung computerbasierter Lernumgebungen eignen sich Autorenprogramme, wie beispielweise Authorware®, Director®, oder Flash®¹⁴. Im Hinblick auf die Anforderungen an eine individualisierende Lernumgebung für die vorliegende Arbeit, ist es notwendig, dass das Autorenprogramm folgende Kriterien erfüllt:

¹⁴ Hier handelt es sich um Autorenprogramme der Fa. Macromedia bzw. Adobe.

- Es müssen unterschiedliche Medienformate darstellbar sein.
- Es müssen vielfältige, komplexe Verknüpfungen (Links) zwischen den Inhalten möglich sein.
- Ereignisse (z.B. der Aufruf von Medienformaten) müssen durch Mouseclicks steuerbar sein.

Da die meisten Lernobjekte, d.h. die Medienformate und Inhalte, weitestgehend selbst erstellt werden, erscheint das Programm Flash[®] besonders geeignet. Ein Schwerpunkt von Flash[®] ist die Erstellung von Lernobjekten (Heins & Himes 2004). Die grafische Oberfläche kommt einer kreativen und intuitiven Gestaltung entgegen. Mit Hilfe der eigenen objektorientierten Programmiersprache ActionScript lassen sich alle erforderlichen Aktionen im Programm ermöglichen. Die Programmierung in Flash ist ein “kreativer Prozess mit einer vollwertigen Programmiersprache, die sowohl von Designern erlernbar ist, als auch die Bedürfnisse von Programmierern” (Wolter 2004) erfüllt. In der folgenden Aufstellung werden die Vorteile und Möglichkeiten von Flash hinsichtlich der Erstellung von multimedialen Lernumgebungen verdeutlicht.

Vorteile von Flash als Autorenprogramm

- Die Erstellung von *stand-alone* Programmen (.exe-Dateien) für windowsbasierte Plattformen benötigt keine weiteren Konfigurationen oder Programme wie z.B. Browser, um die Lernumgebungen ablaufen zu lassen. Es ist aber auch die Erstellung einer HTML-Version für eine webbasierte Lernumgebung ohne weiteren Aufwand möglich.
- Objektorientierte Programmierung ist durch die eigene Programmiersprache *ActionScript* möglich, mit der sich komplexe Anwendungen sehr individuell realisieren lassen.
- Verschiedenste Medienformate z.B. Quicktime[®] Filme, extern erstellte Flashfilme, etc. lassen sich leicht integrieren.
- Die übersichtliche Programmierungsstruktur gibt die Möglichkeit zur Bildung von (Programm-) Modulen, dadurch wird das erstellte Programm leicht erweitert- und veränderbar. Die zeitleistenorientierte Arbeitsweise vereinfacht die Dramaturgie.
- Als vektororientiertes Programm produziert Flash relativ kleine Dateien (Datenvolumina in Abhängigkeit von den integrierten Medienformaten).

6 Pilotstudien

Um den Verlauf der Pilotstudien und der Hauptstudie zu visualisieren, sind die einzelnen Studien, sowie deren Entwicklungsphasen, in Abbildung 6.1 chronologisch auf einem Zeitstrahl dargestellt. In dieser Abbildung wird deutlich, dass die Entwicklung und der Einsatz der Lernumgebungen für die Pilotstudien parallel zur Entwicklung der Hauptstudie erfolgen.

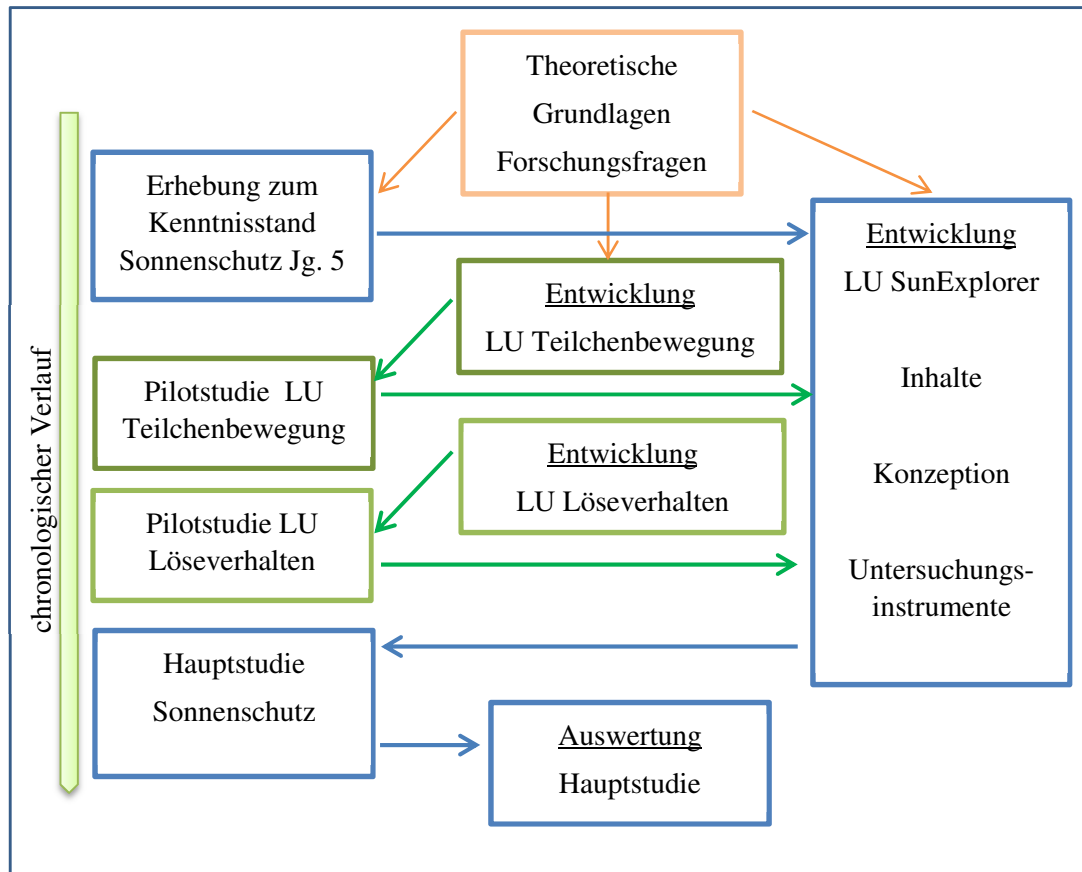


Abbildung 6.1 Chronologischer Verlauf der Studien

In den folgenden Kapiteln werden die Pilotstudien dargestellt. Abweichend vom chronologischen Verlauf der Erhebungen, erfolgt die Darstellung der Ergebnisse zum Kenntnisstand der Jg.-Stufe 5 (zum Sonnenschutz) im Rahmen der Hauptstudiendarstellung.

6.1 Lernumgebung Teilchenbewegung

Aus der Perspektive der Chemie ist eine der wichtigsten stofflichen Eigenschaften die Brown'sche Molekularbewegung. Bei der (chemischen) Teilchenvorstellung, welche Atome, Moleküle und Ionen vereinfacht als Teilchen betrachtet, ist die Teilchenbewegung (insbesondere die Eigenbewegung), eine wichtige Voraussetzung zur Erklärung vieler Phänomene wie z.B. Aggregatzustände oder Diffusion. Gerade für das Konzept der chemischen Reaktion stellt die Teilchenbewegung eine wichtige Grundlage dar. Ohne (Teilchen-) Bewegung können sich Reaktionspartner nicht begegnen, um in Wechselbeziehung zu treten, wodurch sich z.B. chemische Bindungen ausbilden können. Untersuchungen von Schülervorstellungen zum Teilchenkonzept zeigen, dass unabhängig von der Altersgruppe weniger als die Hälfte der Schüler wissen, dass Teilchen eine Eigenbewegung besitzen (von Rhöneck und Niedderer 2006). Daraus ergibt sich die Notwendigkeit fachlich korrekte Vorstellungen zum Teilchenkonzept zu fördern. Diese Förderung soll anhand einer multimedialen Lernumgebung erfolgen, an die sich folgende Fragestellung anknüpfen.

6.1.1 Untersuchungsfragen

Fragestellung zum Inhalt der LU Teilchenbewegung

Fördert eine multimediale und multimodale Lernumgebung die Schülervorstellungen zum Teilchenkonzept, insbesondere die Vorstellung, dass Teilchen stets in Bewegung sind?

Darüber hinaus soll in Bezug zur Hauptstudie das Nutzungsverhalten der Probanden innerhalb einer multimedialen und multimodalen Lernumgebung exploriert werden, was sich an folgenden Fragen orientiert:

Fragestellungen hinsichtlich der Hauptuntersuchung

Welche Sichtstrukturen lassen sich anhand der individuellen Nutzung von Medien und Inhalten abbilden?

Wird das Lerntagebuch¹⁵ durch die Probanden genutzt?

6.1.2 Inhaltliche und didaktische Konzeption der Lernumgebung

Diese Lernumgebung geht vom alltäglichen Phänomen der Wasserverdunstung aus, welches bei genauer Betrachtung die Vorstellung von *sich bewegendem Teilchen* nahe legt. Diese Teilchenbewegungen sollen die Probanden mit Hilfe verschiedener Phänomene und Repräsentationen als Kernidee entwickeln und als Erklärungsansatz für den Vorgang der Verdunstung übernehmen.

Die Lernumgebung setzt sich aus einem Computerprogramm in Kombination mit einer Experimentierbox zusammen. Jeder Proband arbeitet an einem eigenen Computer und seiner eigenen Experimentierbox. Die im Programm dargestellten Phänomene, lassen sich

¹⁵ hier im Folgenden Forscherheft genannt

auf diese Weise mit Hilfe der Experimentierbox im realen Experiment durchführen und nachvollziehen. Inhaltlich gestaltet sich das Programm ausgehend von der Problemstellung (siehe Abb. 6.1.1), dass sich der Wasserstand in einem Glas über die Zeit verringert.



Abbildung 6.1.1 Problemstellung

Es sind in dieser Lernumgebung verschiedene Phänomene dargestellt, von denen jedes Phänomen in einer multimodalen Lerneinheit aufbereitet ist. Der Schüler soll selbst entscheiden, ob er einen Text, einen Film, ein Experiment oder eine Animation als Informationsangebot nutzen möchte (siehe Abbildung 6.1.2). Selbstverständlich können auch alle Angebote mehrmals genutzt werden. Die einzige Vorgabe besteht in der Aufgabe mit Hilfe dieser Angebote eine Lösung zur Problemstellung zu finden.

Die Abbildung 6.1.2 zeigt, wie das inhaltliche Angebot strukturiert ist. Ausgangspunkt ist eine Übersichtsseite (Wegweiser) welche alle Phänomene aufführt. Von dort kann ein Phänomen angewählt werden, wodurch eine Einführungsseite zum Phänomen erscheint.



Abbildung 6.1.2 Wegweiser

Auf dieser Seite können im *Mediencenter* „Schubladen geöffnet“ werden, welche zum entsprechenden Medienformat führen. Die Abbildung 6.1.3 zeigt die Einführungsseite zur Lerneinheit *Berliner Blau*.

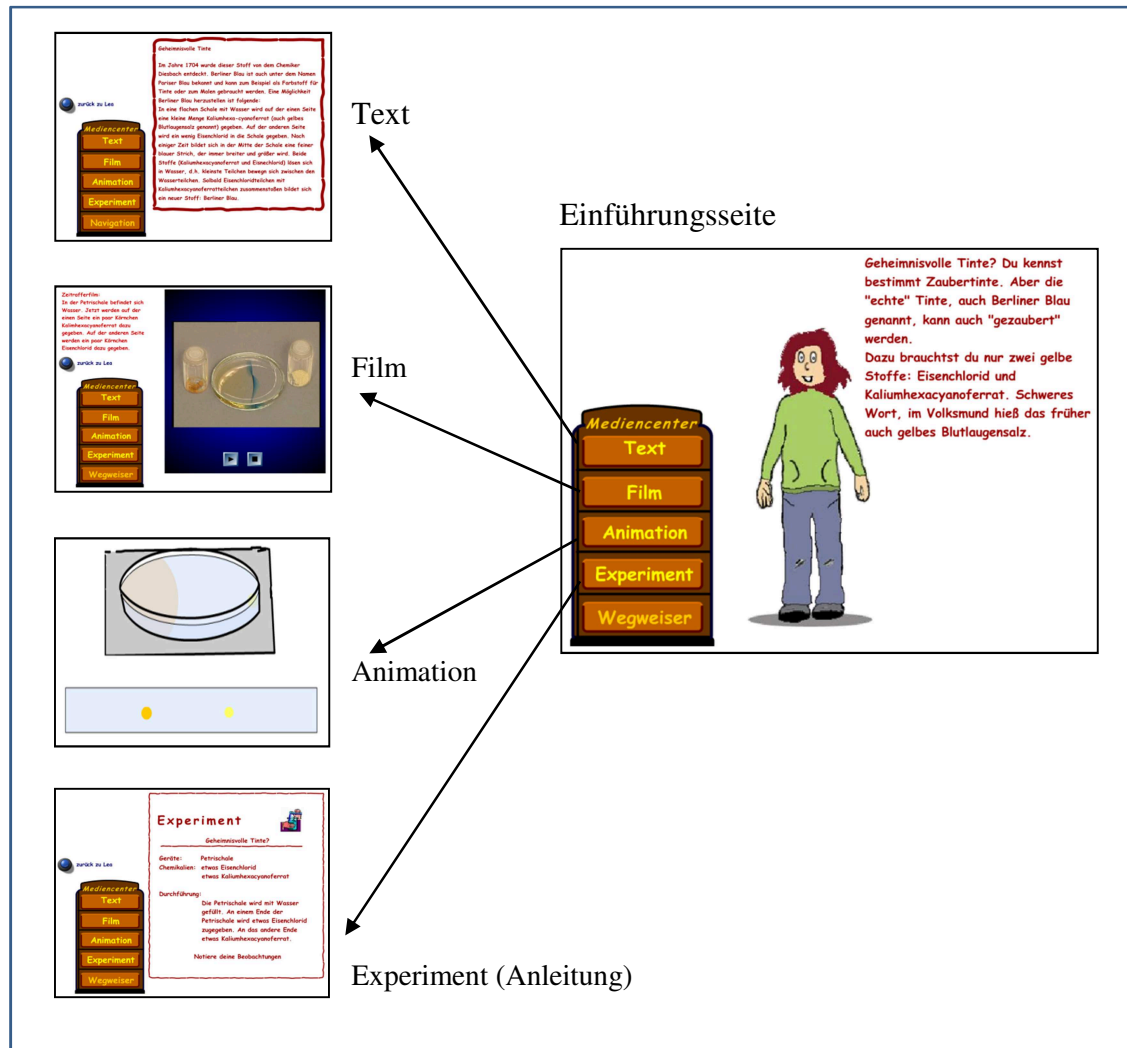


Abbildung 6.1.3 Medienformate zum Phänomen „Berliner Blau“

Die kleinen Fenster auf der linken Seite zeigen die Seiten der Medienformate, die sich durch Anklicken der entsprechenden Schublade im Mediencenter öffnen.

Alle Medienformate einer Lerneinheit geben inhaltlich das gleiche Phänomen wieder. Das bedeutet, dass der *Film* das Experiment zeigt, welches unter dem Button *Experiment* als Versuchsanleitung zu finden ist. Dieses Experiment kann mit Hilfe der Materialien und Chemikalien in der ebenfalls zur Verfügung stehenden Experimentierbox durchgeführt werden. In der *Animation* sind sowohl die makroskopischen Beobachtungen als auch die (sub-) mikroskopische Vorstellung der Teilchenbewegung modelliert. Im *Text* sind diese Informationen zum Experiment, zu den Beobachtungen und zur Erklärung in einen Text mit weiteren Nebeninformationen z.B. zum Alltagsbezug eingebettet.

Zur Lösung der im Programm eingangs gestellten Problemstellung werden folgende Phänomene als Lerneinheiten zur Verfügung gestellt:

Tabelle 6.1.1 Inhaltliche Auswahlmöglichkeit (Phänomene)

<i>Titel der Lerneinheit im Programm</i>	<i>Inhalt</i>
Geheimnisvolle Tintenbildung	Diffusion von Eisenchlorid (FeCl_3) und Kaliumhexacyanoferrat ($\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$) in Wasser mit anschließender Reaktion zu Berliner-Blau ¹⁶
Tee-Wettrennen	Diffusion von Teefarbstoffen bei unterschiedlichen Wassertemperaturen
Purpurrotes Kaliumpermanganat	Diffusion von Kaliumpermanganatkristallen in Wasser
Spannender Milchtropfen	Mikroskopie eines Milchtropfens

Alle Inhalte orientieren sich an einer stark phänomenologischen Betrachtungs- und Erklärungsweise. So wird z.B. die Diffusion nicht als solche benannt, sie wird nur als Vorgang betrachtet, bei dem sich Stoffe (z.B. Kristalle) in Wasser anscheinend bewegen können. Diese Bewegung führt zu einer mehr oder weniger gleichen Verteilung des Stoffs im Wasser. Die ebenfalls existierenden Wasserteilchen werden nicht thematisiert. Entsprechend sind auch alle anderen Phänomene aufbereitet.

Das Kernanliegen, bei dem die Probanden mit den exemplarisch dargestellten Phänomenen eine Erklärung zum „Verschwinden“ des Wassers aus dem Glas finden sollen, stellt eine hohe Transferanforderung an die Probanden. Weitere Lernziele dieser Lerneinheiten sind die Übung der Beobachtung von Phänomenen, selbstständiges Experimentieren sowie der selbstständige Umgang mit dieser Lernumgebung und deren Lerninhalte.

6.1.3 Untersuchungsdesign & Untersuchungsinstrumente

Die Datenerhebung erfolgte an zehn Probanden der Jahrgangsstufe 5 einer Gesamtschule. Die Auswahl der Schüler erfolgte zufällig durch die Lehrerin. Der Zeitrahmen zur Bearbeitung der Lernumgebung betrug eine Doppelstunde, eine mündliche Einführung am Anfang und die Bearbeitung des kurzen Fragebogens zum Ende nahm jeweils 10 Minuten in Anspruch. Damit blieben den Probanden effektiv 70 Minuten zur Bearbeitung der Lernumgebung.

Methodisch stützt sich die Datenerhebung auf einen Fragebogen, ein Forscherheft und die Erstellung von Screencasts als Untersuchungsinstrumente:

Fragebogen/Forscherheft

Im Hinblick auf die inhaltsgebundene Untersuchungsfrage wurde sowohl im Forscherheft als auch im abschließenden Fragebogen eine offene Frage gestellt:

„Was passiert mit dem Wasser im Glas?“

Da die Frage im Forscherheft zu Beginn der Intervention durch die Schüler beantwortet werden sollte, lässt sich die Veränderung nach der Bearbeitung der Lernumgebung durch

¹⁶ Wenn in einer mit etwas Wasser gefüllten Petrischale auf der einen Seite wenige Kristalle Eisen(III)chlorid und gegenüber ein wenig Kaliumhexacyanoferrat (gelbes Blutlaugensalz) gegeben wird, so wird nach ca. 1-2 in der Mitte der Petrischale ein blauer Streifen sichtbar (→Berliner Blau).

die Beantwortung der gleichen Frage im Fragebogen feststellen. Des Weiteren enthält der Fragebogen (siehe Anhang) Items zur Bewertung des Programms, dem Interesse an den Medienformaten und der Selbsteinschätzung des Lernerfolgs.

Das Forscherheft steht den Schülern für die Dokumentation von Lösungsansätzen zum Problem zur Verfügung und stellt zugleich eine Möglichkeit zur Erfassung von Informationen zum Lernprozess dar. In Abbildung 6.1.5 ist ein von einem Probanden ausgefülltes Forscherbuch ausschnittsweise abgebildet.

Screencast

Screencast bedeutet die Aufzeichnung der Aktivitäten im Computerprogramm mit einer Screencastsoftware (in Kapitel 7.3 wird dieses Instrument ausführlich dargestellt). Die Screencastings werden in Ablaufschemata transkribiert.

6.1.4 Ergebnisse

In Bezug auf die inhaltliche Forschungsfrage ergibt die Beantwortung der Frage „Was passiert mit dem Wasser im Glas?“, dass neun Probanden vor und nach Bearbeitung der Lernumgebung dieselbe Antwort angeben: „*es verdunstet*“. Nur ein einziger Proband gibt nach der Bearbeitung eine veränderte Antwort wieder: „*es bewegt sich*“.

Damit lässt sich nicht offensichtlich feststellen, ob eine Förderung der Teilchenvorstellung erfolgt ist, denn im Gegensatz dazu stehen die subjektiven Einschätzungen der Probanden zum eigenen Lernerfolg. Hier sind acht Probanden der Meinung viel gelernt zu haben und zwei sind sogar der Meinung sehr viel gelernt zu haben.

Zudem sollten die Probanden die Schwierigkeit des Programms einschätzen, hier gaben acht an, dass das Programm leicht ist, während zwei Probanden sogar angaben es ist zu leicht.

Auf die Frage nach der Computernutzung gaben drei Probanden an, den Computer täglich einzusetzen, die restlichen Probanden mehrmals wöchentlich. Den Probanden gefällt die Lernumgebung insgesamt sehr gut, das gleiche gilt für das Thema der Lernumgebung. Alle Probanden geben an, dass sie diese Art von Unterricht gerne öfter machen möchten.

Hinsichtlich der Forschungsfrage zur Mediennutzung sollten die Probanden für jedes Medienformat angeben, wie hoch jeweils ihr Interesse war. Die Abbildung 6.1.4 verdeutlicht, dass reale Experimente alle Probanden besonders stark interessieren. Auch bei den Filmen zeigt sich ein starkes Interesse.

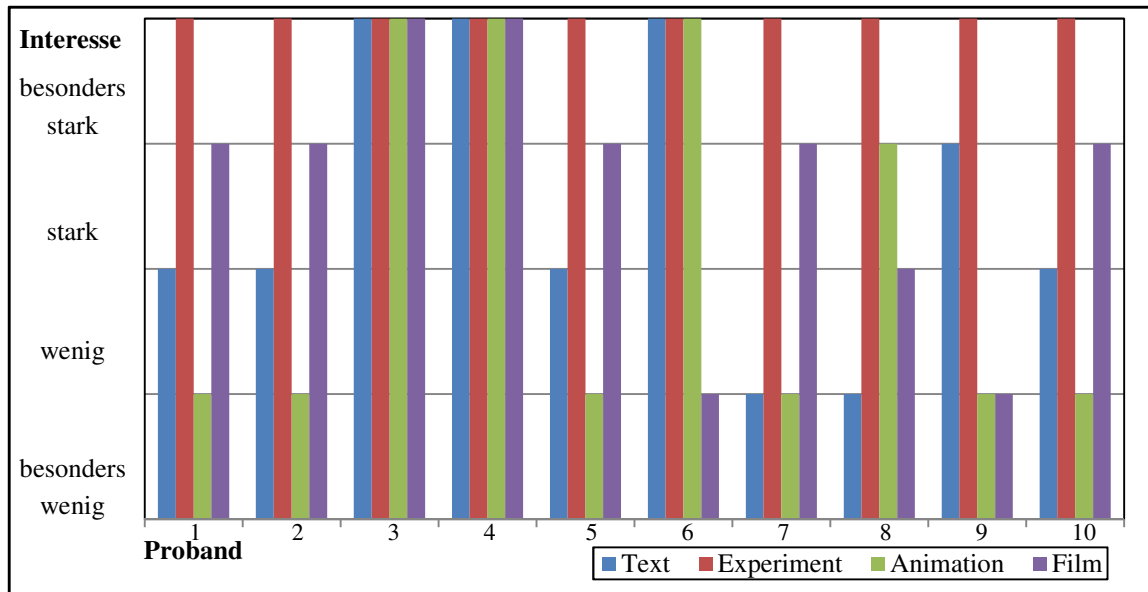


Abbildung 6.1.4 Individuelles Interesse an den Medienformaten

Jedoch zeigt sich auch, dass es deutliche interindividuelle Unterschiede gibt, vor allem in Bezug zum Interesse an den Animationen. Hier gibt es entweder Probanden, die ein besonders starkes Interesse aufweisen, es gibt aber auch einige mit einem besonders geringen Interesse.

Auch die Sichtstrukturen¹⁷, die aus den Abfolgen der Medienformate bzw. Inhalte resultieren, weisen deutliche interindividuelle Unterschiede auf.

In den Abbildungen 6.1.5 (Medienformate) und 6.1.6 (Inhalte) sind die Abfolgen im chronologischen Verlauf exemplarisch für fünf Probanden aufgeführt. Da aus dieser Untersuchung keine Videodaten zur Verfügung stehen, lässt sich kein Abgleich zwischen der im Programm aufgerufenen Seite und der tatsächlichen Beschäftigung mit dem Inhalt herstellen. D.h., auch wenn die Seite aufgerufen ist, könnte sich der Proband mit etwas anderem beschäftigen z.B. Kommunikation mit einem anderen Probanden.¹⁸

Beim Vergleich dieser fünf Probanden fällt auf, dass eine individuell unterschiedliche Nutzung der Medienformate vorliegt. Es gibt Probanden, die sich anscheinend auf wenige Medienformate festlegen (z.B. auf ein Medienformat), während andere das Medienangebot vielseitiger nutzen (z.B. vier Medienformate). Auffallend ist, dass die Nutzung von Texten kaum vorkommt. Ein Proband scheint neben Filmen auch Texte zu präferieren, wobei Animationen und Experimente ebenfalls gleich genutzt werden. Insgesamt lassen sich aus diesen Daten noch nicht eindeutige Typen der Mediennutzung ableiten, allerdings deuten die Lernerentscheidungen auf unterschiedliche Medienorientierungen hin, die sich bei einer besseren Datenverfügbarkeit in Medientypen mit z.B. Text- und/oder Filmorientierung verfestigen könnten.

¹⁷ Sichtstrukturen beziehen sich nach Oser auf Konstruktion bzw. Ablauf des Lehrangebots, hier ergibt sich die Sichtstruktur aus der Wahl der Probanden, die damit das unterrichtliche Inszenierungsmuster (Hugener 2008) selbst mit gestalten.

¹⁸ Nur bei diesen fünf Probanden ist die Aufzeichnung der Screenvideos vollständig über die gesamte Bearbeitungszeit erfolgt. Bei den anderen Aufzeichnungen haben technische Probleme zu unvollständigen Daten geführt.

<u>Proband 1</u> 1 <u>Medienformat</u>	<u>Proband 2</u> 3 <u>Medienformate</u>	<u>Proband 3</u> 3 <u>Medienformate</u>	<u>Proband 4</u> 4 <u>Medienformate</u>	<u>Proband 5</u> 3 <u>Medienformate</u>
Wasser	Wasser	Wasser	Wasser	KMnO ₄
Milch	Tee	KMnO ₄	Tee	Tee
	Tinte	KMnO ₄	Tinte	Wasser
	Tinte	Tinte	Wasser	Tinte
	Tinte	Tinte	KMnO ₄	Tinte
	KMnO ₄	Tinte	KMnO ₄	KMnO ₄
	Milch	Tinte	KMnO ₄	KMnO ₄
	KMnO ₄	Tee	KMnO ₄	Tinte
	Tinte	KMnO ₄	KMnO ₄	Tinte
	KMnO ₄		KMnO ₄	KMnO ₄
			KMnO ₄	Wasser
				KMnO ₄

Legende:Film,Experiment,Animation,Text

Chronologischer Verlauf von oben nach unten, Zeitdauer: 70 Minuten

Feldtext: Inhalt des Medienformats

Abbildung 6.1.5 Sichtstruktur Medienformat

Vergleicht man andererseits die Inhaltswahl der einzelnen Probanden, wie in Abbildung 6.1.6 dargestellt ist, so zeigen sich auch hier Unterschiede. Manche Probanden, wie die Probanden 3 und 4 wählen eine Lerneinheit und verbleiben bei dieser zur Nutzung verschiedener Medienformate. Andere verschaffen sich auch erst einen Überblick über das Angebot, wie Proband 4. Neben solchen strukturierten Vorgehensweisen gibt es auch diejenigen, die durch einen häufigen Wechsel zwischen Inhalten und/oder Medienformaten auffallen. Proband 5 zeichnet sich z.B. durch eine sehr hohe Wechselrate zwischen den Inhalten aus.

<u>Proband 1</u> <u>5</u> <u>Inhaltsbereiche</u>	<u>Proband 2</u> <u>5</u> <u>Inhaltsbereiche</u>	<u>Proband 3</u> <u>4</u> <u>Inhaltsbereiche</u>	<u>Proband 4</u> <u>4</u> <u>Inhaltsbereiche</u>	<u>Proband 5</u> <u>5</u> <u>Inhaltsbereiche</u>
Film	Film	Film	Film	Übersicht
Übersicht	Übersicht	Übersicht	Übersicht	Film
Übersicht	Film	Experiment	Experiment	Übersicht
Übersicht	Film	Film	Text	Übersicht
Übersicht	Animation	Übersicht	Animation	Film
Übersicht	Experiment	Film	Film	Film
Film	Übersicht	Animation		Film
	Experiment	Experiment	Film	Übersicht
	Übersicht	Film	Text	Experiment
	Film	Film	Animation	Film
	Übersicht		Film	Milch
	Animation		Text	Experiment
	Animation		Film	Film
	Animation		Text	Experiment
				Film
				Experiment
				Animation
				Übersicht
				Film
				Übersicht
				Animation
				Übersicht

Legende:Milch,Tee,Wasser,Tinte,
.....Kaliumpermanganat

Chronologischer Verlauf von oben nach unten, Zeitdauer: 70 Minuten

Abbildung 6.1.6 Sichtstruktur Inhalt

Das Ergebnis zum Einsatz des Forscherheftes ist, dass die meisten Probanden (acht von zehn) eine Seite im Forscherheft ausfüllen, wo sie i.d.R. etwas zur Durchführung und zu den Beobachtungen der Experimente schreiben. Teilweise werden eigene (weiterführende) Ideen oder auch Fragen formuliert. Zudem werden auch experimentelle Tätigkeiten beschrieben, die nicht im Sinne der Problemstellung verfolgt werden, sondern eher auf der Motivation etwas ausprobieren zu wollen beruhen. In Abbildung 6.1.7 ist ein typischer Eintrag in ein Forscherbuch dargestellt, der im Umfang den durchschnittlichen Ausführungen entspricht.

Forscherheft

Name: _____

Computer: 03

Was passiert mit dem Wasser aus dem Glas?

Das wasser verdunstet.

Ideen/Notizen

geheimnisvolle Tinte: Die beiden stoffe ergeben ein zusammengemischtes stoff das eine eigene farbe hat, aber die groben bestandteile der beiden stoff haben sich unten abgesetzt.

idee: Ich habe die Tinte und das Purpur rote flüssigkeit zusammen gemischt, es hat sich rot, orange ~~gelb~~ ergeben. Die groben bestandteile sind grün.

Tee rennen: Das Heiße wasser hat das Tee schneller aufgelöst als das kalte.

Abbildung 6.1.7 Forscherheft

Weitere Ergebnisse aus den teilnehmenden Beobachtungen¹⁹, die aufgrund der geringen Anzahl der Probanden gut möglich wurden, sind, dass viele Probanden sehr schnell anfangen (nach ca. 5 Minuten) zu kommunizieren und kooperieren. Dies bezog sich vornehmlich auf die Inhaltsdarstellung und teilweise auf die Handhabung der Lernumgebung. Besonders eine Beobachtung fiel auf, nach der der Einsatz der gefilmten Experimente zur Unterstützung der realen Experimente führte.

¹⁹ Es gab kein systematisches Beobachtungsraster, Beobachtungen wurden während/im Anschluss der Durchführung dokumentiert.

Der nachfolgende Dialog verdeutlicht diese Beobachtung:

Proband A: „Bei mir passiert nichts!“

Proband B: „Hast du nicht den Film angeschaut? Schau dir erst den Film an!“

Daraufhin schaut sich Proband A den entsprechenden Film an und wiederholt das Experiment mit Erfolg (Kohnen & Stachelscheid 2006).

6.1.5 Schlussfolgerungen zur Pilotstudie

Die inhaltspezifische Fragestellung, ob mit dieser Lernumgebung der Bewegungsaspekt in der Teilchenvorstellung bei Schülern gefördert werden kann, lässt sich aus den erhobenen Daten nicht klären. Ein Problem liegt in der Fragestellung zum Verschwinden des Wassers aus dem Glas, da die meisten Probanden mit Verdunstung als Antwort anscheinend den Sachverhalt aus ihrer Sichtweise korrekt wiedergeben. Eventuell wäre hier eine weitergehende Aufgabenstellung zur Erklärung des Vorgangs erforderlich gewesen. Der Begriff Verdunstung ist an dieser Stelle nicht falsch, es bleibt aber offen, ob die Lerner diesen Begriff mit der Teilchenbewegung verbinden können. Interessant ist, dass die Lerner bei diesem Begriff verbleiben, obwohl dieser in der Lernumgebung an keiner Stelle erwähnt wird.

Die Sichtstrukturen (Abbildungen 6.1.5 und 6.1.6) zeigen, dass interindividuelle Unterschiede bezüglich der Präferenz von Medienformaten und Inhalten existieren. Trotz der geringen Probandenzahl scheinen Typisierungen möglich sein. Das bedeutet es gibt Schüler die Experimente und Filme bevorzugen, während andere bevorzugt Texte wählen. Deutlich wird aber, dass es niemanden gibt, der ausschließlich ein einziges Medienformat bevorzugt.

Methodisch betrachtet ist das Verfahren Screencasts aufzuzeichnen eine gute Möglichkeit, um Nutzungsaktivitäten am Programm genau zu erfassen. Screencasts haben sich bewährt, auch wenn computertechnisch bedingte Schwierigkeiten z.B. bei der Datenspeicherung nicht vollständig zu vermeiden sind. Zudem müssen die Screencasts aufwendig mittels Transkription aufbereitet werden. Beim Verfahren der Logfileaufzeichnung ist es nur möglich, tatsächliche Klicks zu registrieren, allerdings können diese leichter (automatisch) ausgewertet werden. Bei den Screencasts müssen Transkripte angefertigt werden, die dann ausgewertet werden können. Ein weiterer technischer Vorteil von Screencasts ist, dass mit diesem Verfahren auch Lernumgebungen, die in Flash erstellt wurden, beobachtet werden können, ohne aufwendige und teilweise kaum mögliche Logfileerfassungen programmieren zu müssen. Allerdings wird die Notwendigkeit deutlich, die Probanden in einer Lernumgebung, die sich aus Computerumgebung in Kombination mit der Möglichkeit reale Experimente durchführen zu können, zusammensetzt, zusätzlich zu videografieren. Ohne Videoaufzeichnungen kann keine Unterscheidung getroffen werden, ob sich ein Proband nur sehr lange Zeit beim Lesen von Programminhalten aufhält oder ob dieser sich mit dem realen Experiment beschäftigt oder etwas völlig anderes macht.

Der Einsatz eines Forscherbuchs erscheint sinnvoll, da fast alle Probanden Eintragungen ins Forscherbuch getätigt haben.

6.2 Lernumgebung Löseverhalten

Die Lernumgebung zum Löseverhalten von Salzen stellt die zweite Pilotierung im DBR Schema dieser Arbeit dar. Während sich Simulationen als additives Lernangebot auf die Lerneffektivität auswirken können (Brell et al. 2006), ergaben sich aus der ersten Pilotstudie Anhaltspunkte für eine möglicherweise verbesserte Experimentierfähigkeit durch gefilmte Experimente. Darüber hinaus wird vermutet, dass das reale Experimentieren in einem Zusammenhang mit dem Fähigkeitsselbstkonzept steht, da das Experimentieren neben kognitiven Anforderungen auch affektive und psychomotorische Anforderungen beinhaltet.

6.2.1 Untersuchungsfragen

Inhaltsbezogene Fragestellung (Löseverhalten)

Fördern gefilmte Experimente das reale Experimentieren und steigern damit den Lernerfolg?

Fragestellungen hinsichtlich der Hauptuntersuchung

Gibt es einen Zusammenhang zwischen dem Fähigkeitsselbstkonzept und dem Lernerfolg im Umgang mit dieser Art Lernumgebung?

6.2.2 Inhaltliche und didaktische Konzeption der Lernumgebung

Für die Untersuchung der Fragestellung, ob gefilmte Experimente das reale Experimentieren fördern, wird in dieser Pilotstudie eine im Vergleich zur Lernumgebung zur Teilchenbewegung reduzierte computergestützte Lernumgebung eingesetzt. Für eine Probandengruppe, die mit den gefilmten Experimenten arbeiten sollte, stehen Experimentieranleitungen, ein entsprechender Film des Experiments und Experimentiermaterialien zur Verfügung. Die Probanden können wählen, ob sie nur die digitalen Experimentieranleitung nutzen und daraufhin das Experiment durchführen oder ob sie auch (oder nur) das gefilmte Experiment betrachten.

Einer zweiten Probandengruppe standen Printversionen der Experimentieranleitungen sowie die Experimentiermaterialien zur Verfügung.

Die Unterrichtseinheit ist für beide Gruppen in zwei Phasen gegliedert. In der ersten Phase werden die Experimentanleitungen vorgegeben. Hier wird erwartet, dass die Probanden entsprechend der jeweiligen Anleitung die Experimente durchführen. Die Experimente zeigen alle, dass Kristalle in wässriger Lösung radial diffundieren. Die Abbildung 6.2.1 zeigt die Überschriften der Experimente für die Probandengruppe am Computer.

In der zweiten Phase wird allen Probanden im Demonstrationsexperiment ein Problem vorgestellt: In Wasserglas diffundiert ein Kristall nicht mehr radial, sondern entlang „unsichtbarer“ Gitter. Den Probanden wird nicht gesagt, dass es sich um Wasserglas handelt, sondern es stehen ihnen unterschiedliche Lösemittel (Wasser, Wasserglas und Öl) zum freien Experimentieren zur Verfügung. Ziel soll es sein, dass die Lerner herausfinden, dass das Lösemittel einen erheblichen Einfluss auf das Lösen eines Kristalls hat.

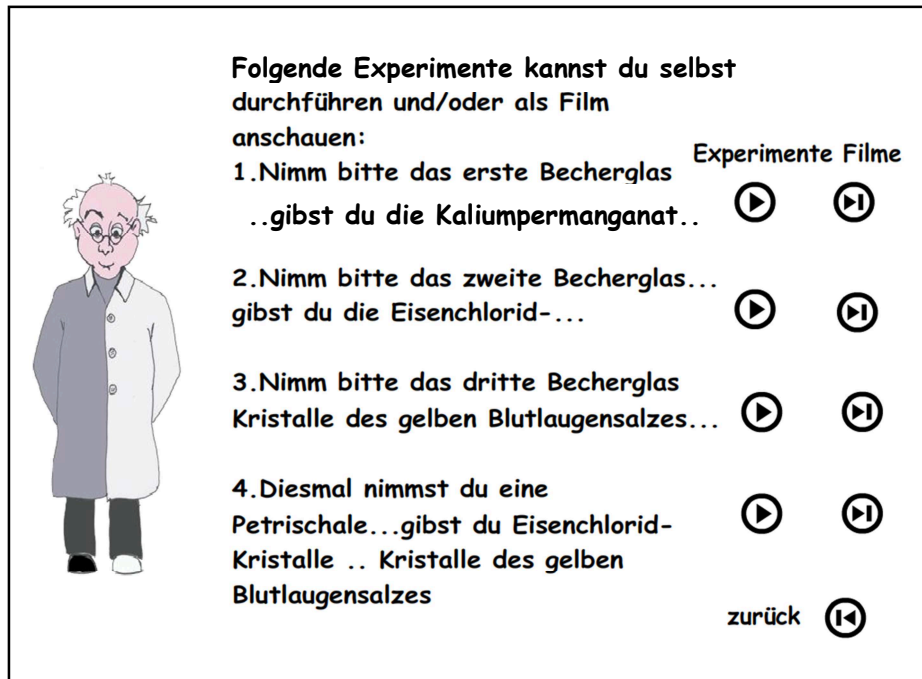


Abbildung 6.2.1 Übersichtsseite im Programm

6.2.3 Untersuchungsdesign & Untersuchungsinstrumente

Mit Schülern der 6. Jahrgangsstufe²⁰ wurde an einem Gymnasium ein Set von Experimenten zum Löseverhalten verschiedener Salze in unterschiedlichen Lösemitteln durchgeführt. Hinsichtlich der Hauptfragestellung, die aus der ersten Pilotierung resultierte, besteht in dieser Lernumgebung für eine Teilgruppe die Wahlmöglichkeit zwischen Film und Realexperiment.

Zur Fragestellung, ob Filme als unterstützendes Medium zum Experimentieren geeignet sein können, werden zwei Probandengruppen gebildet:

In der ersten Gruppe ($N=8^{21}$) arbeitet jeder Proband an einem Laptop (digitale Verfügbarkeit der gefilmten Experimente und der Experimentieranleitungen). In der zweiten Gruppe ($N=21$) erhalten die Probanden ausschließlich die Experimentieranleitungen als Printversion. Jedem Probanden steht ein eigenes Experimentierset zur Verfügung.

Die Bearbeitungszeit für die Probanden betrug 60 Minuten.

Wissentest/Fragebogen

Grundlage zur Erhebung des Lernerfolgs ist der Vergleich der Antworten (offenes Antwortformat) auf Fragen zum Löseprozess. Die Frage vor der Bearbeitung der Lernumgebung lautete:

²⁰ Diese Probandengruppe der Jg. 6 ergab sich aus organisatorischen Gründen. Da die Erhebung zu Beginn des Schuljahres erfolgte, wurde davon ausgegangen, dass es die Unterschiede zu Schülern der Jahrgangsstufe 5 minimal sein würden.

²¹ Die 8 Probanden wurden zufällig aus einer Klasse ausgewählt. Mehr als 8 Probanden kamen nicht für diese Gruppe in Frage, da nicht mehr Laptops zur Verfügung standen. Der Rest der Klassenmitglieder wurde in die zweite Probandengruppe eingeordnet.

„Was passiert, wenn du Zucker in Wasser gibst?“

Nach der Bearbeitung sollten die Probanden die vergleichbare Frage beantworten:

„Was passiert, wenn du Kochsalz in Wasser gibst?“

Zudem sollte die folgende Frage eine Kontrollfunktion ermöglichen, inwieweit die Antwort auf die vorhergegangene Frage nicht bloß geraten ist:

„Was passiert, wenn du Kochsalz in Öl gibst?“

Darüber hinaus wurden die Probanden hinsichtlich der gefilmten Experimente nach ihrer Einschätzung gefragt, ob ihnen die Filme geholfen haben.

Zusätzlich wurden in dieser Gesamtgruppe die Experimentier- und Computererfahrungen sowie das Interesse an Naturwissenschaften erfragt, was aufgrund der Gesamtanzahl der Probanden für einen späteren Vergleich sinnvoll war.

Fähigkeitsselbstkonzept

Der Zusammenhang des Lernerfolgs zum Fähigkeitsselbstkonzept in dieser Lernumgebung soll anhand des Testinstrument SESSKO (Skalen zur Erfassung des schulischen Selbstkonzepts, siehe Kapitel 5.2) ermittelt werden.

Forscherbogen/Video

Mit Hilfe des Forscherbogens, als Variante eines Lerntagebuchs, dokumentieren die Probanden ihre Handlungen innerhalb der freien Experimentierphase:

1. *Überlege bitte, welche Experimente du machen möchtest und schreibe sie kurz auf (oder fertige eine Zeichnung mit Beschriftung an).*
2. *Führe deine Experimente durch und notiere deine Beobachtungen.*
Ich habe mir überlegt,

Zudem wird die Gruppe, die mit dem Computer arbeitet und damit Zugriff auf die gefilmten Experimente hat, videografiert.

6.2.4 Ergebnisse

Hinsichtlich der Beantwortung der Fragen zum Löseverhalten zeigen sich keine deutlichen Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. Besonders fällt auf, dass sehr viele Probanden keinen oder sogar einen negativen Lernerfolg aufweisen. Es zeigt sich damit kein Hinweis, ob die gefilmten Experimente in dieser Lernumgebung einen Einfluss auf den Lernerfolg haben. Die Abbildungen 6.2.2 (Probandengruppe ohne Filmunterstützung) und 6.2.3 (Probandengruppe mit Filmunterstützung) zeigen die Verteilung des Lernerfolgs (bezogen auf das Summenergebnis aus den drei Fragen, siehe Fragebogen im Anhang). Positive Werte bedeuten hier, dass die Probanden auf die Fragen zum Löseverhalten nach Bearbeitung der Lernumgebung eine fachlich korrektere Antwort geben, als vor der Bearbeitung. Negative Werte bedeuten dagegen, dass die Antworten hinterher weniger korrekt sind. Nullwerte stehen für keinen Unterschied.

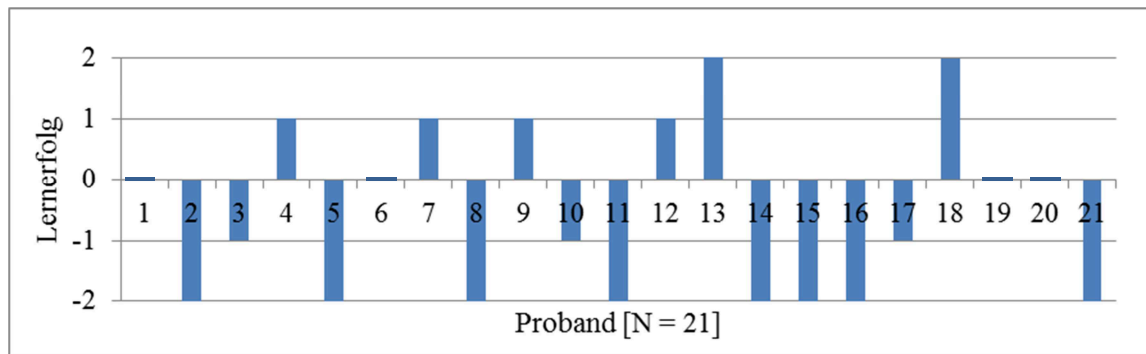


Abbildung 6.2.2 Lernerfolg der Probandengruppe ohne Filmunterstützung

mit 2 = hoher Lernerfolg /.../ -2 = negativer Lernerfolg,

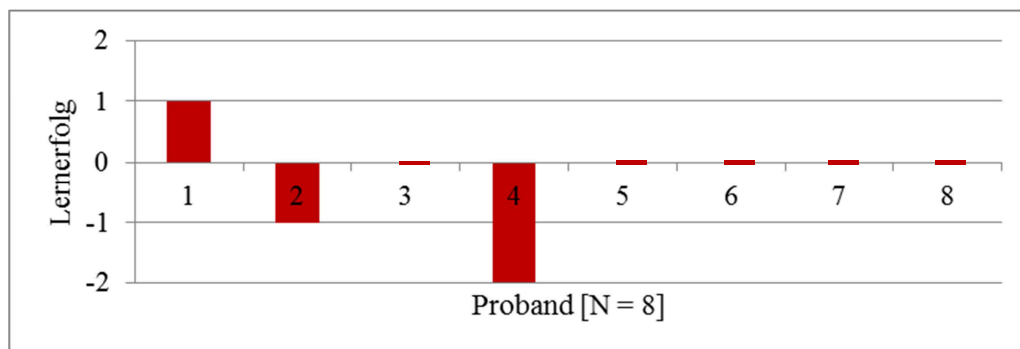


Abbildung 6.2.3 Lernerfolg der Probandengruppe mit Filmunterstützung

mit 2 = hoher Lernerfolg /.../ -2 = negativer Lernerfolg,

Aus Perspektive der Probanden der Filmgruppe sind sechs der Meinung, ihnen hätten die Filme „gut“ geholfen, während ein Proband „eher gut“ angab und ein Proband der Meinung ist, dass ihm die Filme „weniger gut“ geholfen haben.

In der Betrachtung der Videos während der Bearbeitungsphase dieser Probandengruppe fällt auf, dass beim Experiment Berliner Blau das gefilmte Experiment genutzt wurde, um das reale Experiment nach einem erfolglosen Versuch erfolgreich durchzuführen. Zumindest in dieser Hinsicht verstärkt sich die Vermutung aus der LU zur Teilchenbewegung.

In der Probandengruppe ohne Experimentierfilme musste bei vielen Probanden eine externe Hilfestellung²² erfolgen.

Bei den Ergebnissen zum Fähigkeitsselbstkonzept fallen, unabhängig von den beiden Probandengruppen, zwei kleine Extremgruppen im Zusammenhang mit dem Lernerfolg auf:

- Vier Probanden, die sich im Fähigkeitsselbstkonzept tendenziell unterdurchschnittlich einschätzen, zeigen einen hohen Lernerfolg,
- während sechs Probanden mit überdurchschnittlichem Fähigkeitsselbstkonzept keinen Lernerfolg zeigen, d.h. es gibt keinen Unterschied zwischen Pre- und Postergebnis im Wissenstest.

²² Mündlicher Hinweis zur Durchführung während der Bearbeitungsphase, nachdem viele Nachfragen zum Experiment erfolgt sind.

Entsprechend den Erwartungen zeigt sich diese Probandengruppe als computererfahren, was eine notwendige Voraussetzung für den Einsatz einer computergestützten Lernumgebung ist. Tabelle 6.2.1 zeigt die Verteilung der wöchentlichen Computernutzung.

Tabelle 6.2.1 Computernutzung

Computernutzung pro Woche	[N=29] %
nie	8
≤ 2 mal	27
> 2 mal	41
täglich	24
gesamt	100

Da diese Pilotstudie das naturwissenschaftliche Experimentieren zum Gegenstand hat, wurden das Interesse an den Naturwissenschaften und die Experimentiererfahrung erfragt. Wie in Tabelle 6.2.2 zu erkennen ist, besteht ein breites Interesse an den Naturwissenschaften. Zudem verfügt der überwiegende Teil der Probanden (90%) über Experimentiererfahrung. Diese wurde weiter hinterfragt und hier gaben 52 % an in der Grundschule schon einmal experimentiert zu haben. Für den Kindergarten sind dies 2 % und für das Gymnasium 14 %.

Tabelle 6.2.2 Experimentiererfahrung und Interesse

<i>Item</i>		[N= 29] %
Interesse an Naturwissenschaften	nein	24
	ja	76
Experimentiererfahrung	nein	10
	ja	90

6.2.5 Schlussfolgerungen zur Pilotstudie

Vermutlich ist dieses Treatment zu kurz angesetzt, um anhand gefilmter Experimente einen messbaren Einfluss auf das reale Experimentieren feststellen zu können. Gerade hinsichtlich der Planung von Experimenten ergeben sich in dieser Pilotstudie in der zweiten Unterrichtsphase große Probleme durch den Neuheitseffekt („freies Experimentieren“). Interessant ist, dass sich diese Konstruktion der Lernumgebung positiv auf den Lernerfolg einiger Probanden mit eher schlechtem schulischem Selbstkonzept auswirkt. Dieser Befund entspricht nicht der in der Literatur üblichen Angabe, dass Schüler mit geringem Fähigkeitsselbstkonzept schwache Leistungen zeigen.

Für die Hauptstudie ergibt sich, dass das Instrument SESSKO notwendig und geeignet zu sein scheint. Gerade die beiden oben beschriebenen Extremgruppen geben Anlass, das Fähigkeitsselbstkonzept als wichtiges Persönlichkeitsmerkmal in der Hauptstudie zu berücksichtigen.

7 Hauptstudie

Wie in Kapitel 3 dargestellt ist, besteht eine Notwendigkeit das Thema Sonnenschutz mit neuen Lehr-Lernkonzepten umzusetzen, um das protektive Sonnenschutzverhalten von Schülern zu fördern. Damit ergibt sich als primäres Ziel dieser Arbeit die Entwicklung und Untersuchung einer multimedialen und multimodalen Lernumgebung zum Thema Sonnenschutz. Neben den zuvor beschriebenen Pilotstudien, die Erkenntnisse zur mediendiaktischen Konstruktion und zu den Untersuchungsinstrumenten geben, ist es notwendig eine Vorstellung vom Kenntnisstand der zu untersuchenden Altersgruppe zum Sonnenschutz zu besitzen. Erst darauf aufbauend können die Inhalte der Lernumgebung adressatengerecht konstruiert werden. Daher wurde zu Beginn des Projekts ein Fragebogen entwickelt, der Kenntnisse und Interesse zum Sonnenschutz sowie die Computernutzung von Schülern der Jahrgangsstufe 5 erfasst. Diese Befragung wurde an 39 Hauptschülern und 62 Gymnasiasten durchgeführt. Die Abbildung 7.1.1 zeigt nochmals ausschnittsweise die DBR-Skizze dieser Untersuchung:

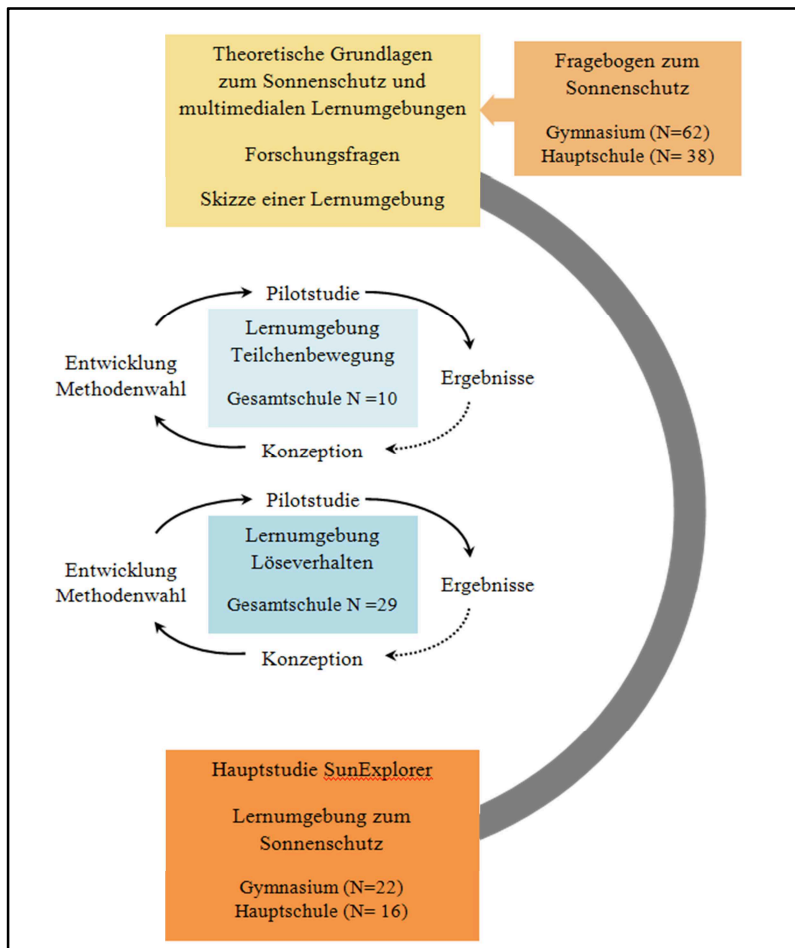


Abbildung 7.1.1 Ausschnitt aus der DBR-Skizze

7.1 Wissen zum Sonnenschutz in der Jg.-Stufe 5

Der konstruierte Fragebogen besteht aus Wissens- und Einstellungsfragen zum weitgefassten Thema Sonnenschutz, die je nach Inhalt aus geschlossenen Antwortformaten (Multiple Choice oder Ratingskala) und einigen offenen Antwortformaten besteht. Die insgesamt 23 Fragen lassen sich wie folgt einteilen:

Wissensfragen zu (Sonnen-) Strahlung und deren Eigenschaften bzw. Auswirkungen, Atmosphäre, Sonnenschutzmaßnahmen.

Die Datenerhebung in der 5. Jahrgangsstufe fand gegen Ende des 2. Schulhalbjahres an einer Hauptschule und einem Gymnasium statt. 38 Hauptschüler (Mädchen: 20; Jungen: 18) und 62 Gymnasiasten (Mädchen: 29; Jungen: 33) wurden befragt. Obwohl beide Probandengruppen in der 5. Klasse sind, unterscheiden sie sich hinsichtlich ihres Altersdurchschnitts signifikant um ein Jahr. Die Mehrheit der Gymnasiasten ist 11 Jahre alt (77%), der Rest ist 10 Jahre, bis auf einen Zwölfjährigen. Bei den Hauptschülern ist ein Drittel 11 Jahre alt, knapp die Hälfte 12 Jahre, 15% sind 13 Jahre und ein Schüler ist bereits 14 Jahre alt.

Ergebnisse zur Computernutzung

Die Ergebnisse zum Computernutzungsverhalten (Tabelle 7.1) decken sich weitestgehend mit den Ergebnissen der regelmäßig stattfindenden Studie zu *Kinder + Medien, Computer + Internet (KIM)*. Während in der Befragung zu dieser Arbeit ca. 75% angeben wöchentlich oder öfter den Computer zu nutzen, wird in KIM 2008 angegeben, dass mindestens 90% der Schüler wöchentlich den Computer nutzen. Betrachtet man die tägliche Computernutzung, so sind es 26 %. Bei KIM 2008 geben 30 % der 10-11 jährigen Schüler an, fast täglich den Computer zu nutzen, während es bei den 12-13 jährigen Schülern 43% sind. Die leichten Unterschiede zwischen dem Computernutzungsverhalten der eigenen Befragung und der KIM Studie 2008 lassen sich vermutlich an dem erhöhten Anteil an gymnasialen Schülern gegenüber Hauptschülern fest machen. Vergleichbare schulformspezifisch differenzierte Daten gibt es bei KIM dagegen nicht. In Tabelle 6.2.1 ist auffällig, dass die gymnasialen Schüler gegenüber den Hauptschülern öfter pro Woche den Computer nutzen, allerdings ist der Anteil der täglichen Nutzer deutlich geringer. Insgesamt ist das Nutzungsverhalten der Gymnasiasten signifikant unterschiedlich zu dem der Hauptschüler (Signifikanz im Chi-Quadrat Test nach Person $p < 0,001$).

Man kann nur vermuten, dass Gymnasiasten unter Umständen durch die Eltern zu einer geringeren Computernutzung angehalten werden. Die JIM Studie 2010 bezieht sich auf Jugendliche zwischen 12 und 17 Jahren, hier zeigt sich, dass Gymnasiasten eine geringere Internetnutzung aufweisen als Jugendliche mit geringerer formaler Bildung.

Tabelle 7.1 Computernutzungsverhalten

Computernutzung pro Woche	GY [N=62] %	HS[N=38] %	gesamt %
nie	5	11	7
weniger als 1 mal*	20	16	18
1-2 mal	32	13	25
mehr als 2 mal	30	13	24
täglich	13	47	26

*Die Angabe weniger als 1mal pro Woche bedeutet, dass es sehr selten zur Computernutzung kommt, z.B. alle zwei Wochen einmal.

Ergebnisse der Fragebogenuntersuchung zum Sonnenschutz

Auf die Eröffnungsfrage, bei der sich die Probanden entscheiden sollen, an welcher der drei möglichen Positionen auf der dargestellten Insel (siehe Anhang/Kapitel 10.4) sie sich am längsten/häufigsten aufhalten würden (im Schatten der Palme, in der Sonne oder im Wasser) wählen 32% der Hauptschüler und 45% der Gymnasiasten den Schatten, mit Begründungen wie z.B. „... dann krieg ich keinen Sonnenbrand und keinen Stich“, „... weil die Abwehrkräfte in der Sonne schwächer werden“, „... weil es kühler ist“, „... da ist Sonnenschutz“, „... weil ich mich nicht eincremen will“. 8% der Gymnasiasten und 21% der Hauptschüler entscheiden sich für die Sonne, „... weil man sich da bräunen kann“, „... weil ich braun werden will“, „... weil ich Sonne mag“. 10% der Gymnasiasten und 18% der Hauptschüler kreuzen das Wasser an, meist mit der Begründung, „... weil es kühl ist“. Alle anderen haben die Aufgabe nicht richtig verstanden und wählen zwei oder alle drei Positionen.

Die Ergebnisse zur Frage welche (Bekleidungs-) Schutzmaßnahmen gegen die Sonne gewählt werden, lassen sich wie folgt zusammenfassen: Gymnasiasten schützen sich besser als Hauptschüler. So benutzen 79% Sonnencreme (HS: 46%), 56% tragen eine Sonnenbrille (HS: 41%) und 53% eine Kopfbedeckung (HS: 23%). Aussagen zur Zahl auf der Sonnenmilchflasche (Lichtschutzfaktor) machen 66% der Gymnasiasten aber nur 28% der Hauptschüler. Meistens beziehen sich diese auf „die Stärke der Sonnencreme.“ Ein Junge schreibt zur Zahl 25 „Dass sie 25% Stärke hat“ und gibt in der nächsten Frage an, dass die Schutzwirkung 25 Stunden hält. Ein Mädchen gibt an, „Wie stark die Sonnenmilch ist damit man keinen Hautkrebs und Sonnenbrand ist wenn 25°C ist muss man die 25 nehmen“ und geschützt ist man „20-30 min wenn man nicht während der Zeit schwimmen geht“. Wieder andere erwarten eine Schutzwirkung für den ganzen Tag oder 12 Stunden, ansonsten werden Angaben von mehreren Stunden gemacht. Nur vier Gymnasiastinnen erwähnen den Begriff Sonnen- bzw. Lichtschutzfaktor und sehen den Faktor mit Bezug auf die Dauer des Aufenthalts im Sonnenlicht.

Die Frage, warum es für einen Menschen gut sein könnte, ein Sonnenbad zu nehmen, können 39% der Gymnasiasten und 57% der Hauptschüler nicht beantworten. Die Probanden haben teilweise interessante Ideen, „... wenn der Mensch den Sonnenstrahlen entspannt ausgeliefert ist, wird vom Gehirn ein Glückshormon durch den Körper geleitet“, „Dadurch kann er Kräfte freisetzen (er kriegt mehr Energie)“, „Er wird auf stärkere Sonnenstrahlen vorbereitet, er wird braun“, „damit das Herz nicht so schnell

pumpen muss damit erwärmt die Sonne den Körper und das Herz muss nicht so schnell pumpen!“, „Es lässt die Schuppenflechte verschwinden“ oder „Vielleicht weil die Menschen eine Krankheit haben“.

Die Notwendigkeit der Sonnencremeanwendung in verschiedenen Situationen wird ebenfalls zum Teil unterschiedlich eingeschätzt. Dass Sonnencreme nur im Urlaub gebraucht wird, geben 31% der Hauptschüler an, dagegen nur 5% der Gymnasiasten. Dass die Sonnencreme am Meer benutzt werden muss, bejahen drei Viertel der Befragten am Gymnasium, an der Hauptschule weniger als die Hälfte (44%). Nur ein Proband der Hauptschule, aber 46% der Gymnasiasten geben an, dass man beim Skifahren Sonnencreme benutzen muss²³. Bei der Frage zu den Folgen eines längeren Aufenthalts in intensiver Sonnenstrahlung entscheiden sich 82% der Gymnasiasten und 61% der Hauptschüler für den Sonnenstich als Konsequenz, beim Hautkrebs ist der Anteil jeweils etwas niedriger (GY 72%, HS 56%).

Bei den Fachkenntnissen zu Strahlung, Licht, Farben und Ozonschicht bestehen ebenfalls Unterschiede zwischen den Probandengruppen. Während 75% der Gymnasiasten angeben ultraviolette Strahlung zu kennen, sind das nur 5% der Hauptschüler. Ungefähr ein Drittel der Gymnasiasten (34%) kann richtige Angaben zu den Bestandteilen von weißem Licht machen, bei den Hauptschülern dagegen kann das nur ein einziger Proband. Wie die Farben des Regenbogens entstehen, wissen 67% der Gymnasiasten und 34% der Hauptschulprobanden. Dass die Ozonschicht vor der UV-Strahlung schützt, wissen in beiden Gruppen ähnlich viele Befragte (GY 46%, HS 38%). Was mit der Haut beim Bräunungsprozess passiert, kann kaum jemand richtig beantworten (Gy 8%, HS 0%)²⁴.

Neben den Kenntnissen wurde auch erfragt, woher die Probanden ihre Informationen zum Sonnenschutz bekommen haben. In Abbildung 7.1.2 ist deutlich zu sehen, dass für beide Gruppen das Elternhaus und das Fernsehen die wichtigsten Informationsquellen darstellen. Die weiterführende Schule bildet einen geringeren Anteil, die Grundschule stellt dagegen eine wichtige Informationsquelle zum Sonnenschutz dar. Ungefähr ein Viertel der Probanden hat noch nie Informationen zum Sonnenschutz erhalten (GY 23 %, HS 31%).

²³ Dieser massive Unterschied zwischen HS und GY könnte daran liegen, dass Hauptschüler z.B. aufgrund ihres soziokulturellen Hintergrunds weniger in den Skiurlaub fahren.

²⁴ Erwartet wurde hier eine sinngemäße Aussage entsprechend: Melanin- oder Hautpigmentbildung aufgrund der UV-Exposition.

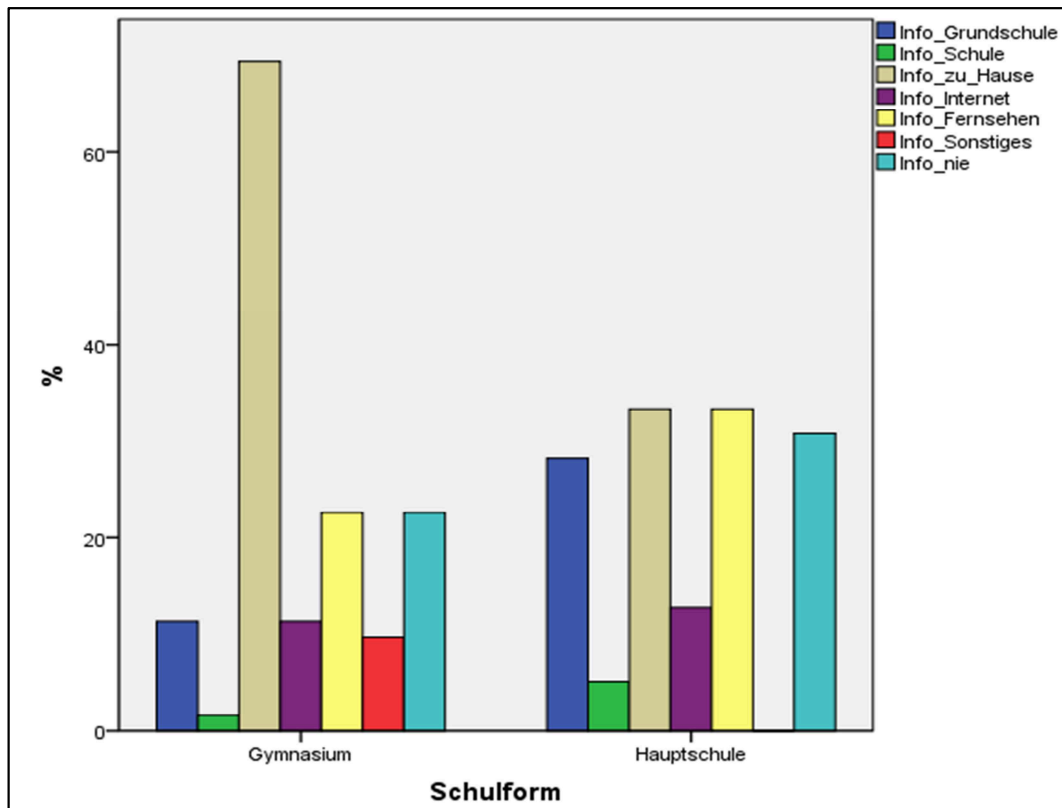


Abbildung 7.1.2 Informationsquellen zum Sonnenschutz

Die Angaben zu den Informationsquellen der Schüler zum Thema Sonnenschutz zeigen, dass die Behandlung dieses Themas in der Schule zu wenig Beachtung findet. In Anbetracht der Bedeutung richtigen Sonnenschutzverhaltens zur Gesundheitserhaltung, muss damit die Forderung für eine verbindliche curriculare Verankerung dieses Themas für den Unterricht in Grund- und weiterführenden Schulen erwogen werden.

Die Probanden sollten des Weiteren einschätzen, wie wichtig das Thema Sonnenschutz für sie ist, und sie sollten angeben, ob sie dieses Thema im Unterricht behandeln wollen. Insgesamt sind beide Gruppen mehrheitlich am Thema Sonnenschutz interessiert (81 %). Bei den Hauptschulprobanden gibt es eine ausgeglichene Verteilung zwischen den Antwortmöglichkeiten interessant (42%) und sehr interessant (37%), bei den Gymnasiasten ist der Anteil derjenigen, die das Thema sehr interessant finden relativ gering (11%). Die Gruppe der Schüler, die angibt das Thema sei nicht interessant, ist mit 17% (GY) bzw. 21% (HS) nicht gerade klein. Die Ergebnisse zum Interesse am Thema Sonnenschutz und dem überwiegenden Wunsch dieses Thema im Unterricht behandeln zu wollen, unterstützen die Forderung einer curricularen Einbindung des Themas. Mit dem hohen Interesse bei den Schülern wäre auch eine günstige Voraussetzung für einen Lernprozess gegeben. Diese Ergebnisse bilden die Grundlage für inhaltliche und didaktische Entscheidungen bei der Entwicklung der folgenden Lernumgebung.

7.2 Inhaltliche und didaktische Konzeption der Lernumgebung

In diesem Kapitel werden Aufbau, Gestaltung und Inhalte der Lernumgebung vorgestellt und anhand didaktischer und mediendidaktischer Prinzipien erläutert. Die Lernumgebung SunExplorer besteht aus zwei Elementen, einem computerbasierten Lernprogramm und in Kombination mit einer Experimentierbox. Bei dem Computerprogramm handelt es sich

um ein tutorielles Programm. Tutorielle Programme sind computergestützte Lernprogramme, die Lerninhalte neu einführen und damit eine eigene Komponente der Wissensvermittlung aufweisen, im Gegensatz zu Drill und Practice Programmen, welche zur Übung und Vertiefung bekannter Lerninhalte dienen. Es gibt keine aktive Adaption des Programms SunExplorer an den Lerner und seine Eigenschaften, stattdessen wird erwartet, dass der Lerner selbstbestimmt die vielfältigen Möglichkeiten des Programms nutzt. Dadurch ist von der Programmebene aus betrachtet eine Adaption durch den Lerner möglich.

Der Lerner bestimmt eigenständig, mit welchem Inhalt und/oder Medienformat er sich beschäftigen möchte. Alle Inhalte werden im SunExplorer untergliedert und in sechs Themenbereichen nebeneinander angeboten. (siehe Abbildung 7.2.1). Die Themenbereiche tragen die Überschriften *Sonnenbrand*, *Sonnenschutz*, *Licht- & UV-Strahlen*, *Atmosphäre & Ozon*, *Hauttypen* und *Sonnenspezialisten (Menschen, Tiere & Pflanzen)*. Die Bereiche besitzen Logos, welche sich auf den untergeordneten Seiten des jeweiligen Themenbereichs wiederfinden lassen und dort als (Rück-) Button fungieren, mit dem die Übersichtseite des Themenbereichs erreicht werden kann.

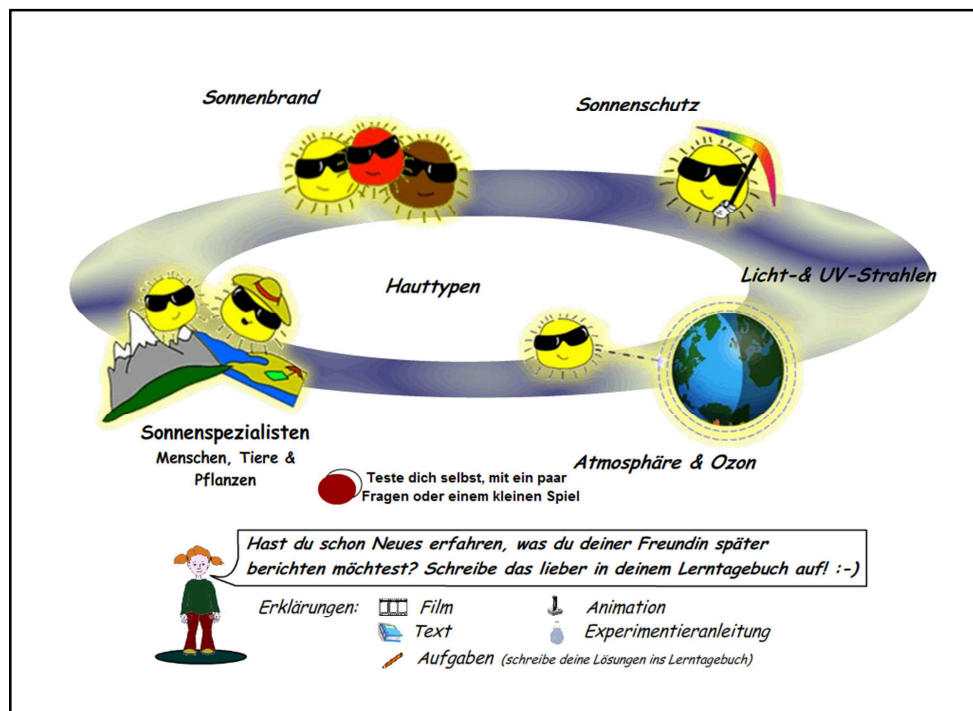


Abbildung 7.2.1 Überblick Themenbereiche SunExplorer

Die Medienformate erscheinen fächerartig beim Mouseover an einem Themenbereich, wie Abbildung 7.2.2. zeigt

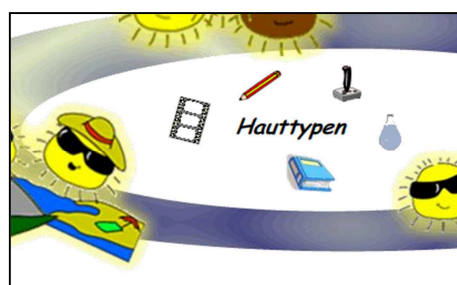


Abbildung 7.2.2 Medien-Icons

Durch die direkte Anzeige der Medienicons beim Mouseover wird dem Lerner ermöglicht, seine Auswahl nur nach dem Medienformat zu treffen. Wird der Themenbereich ausgewählt, so öffnet sich eine differenzierte Auswahlmöglichkeit mit Überschriften zu den einzelnen Medienformaten, wie sie in der folgenden Aufstellung dargestellt sind (Themenbereiche fett):

- **Sonnenbrand**
 - Film:
 - *Entstehung eines Sonnenbrands*
 - Texte:
 - *Warum wird man braun?*
 - *Warum solltest du keinen Sonnenbrand bekommen?*
 - *UV-Strahlen können gefährlich sein!*
 - Animation:
 - *Besonnungs-Simulator*
 - Aufgaben:
 - *Wann wird man nicht mehr nur braun, sondern bekommt einen Sonnenbrand?*
 - *Wie schützt du dich vor einem Sonnenbrand?*
- **Hauttypen**
 - Film:
 - *Hauttypen und „braun werden“*
 - Texte:
 - *Die sechs Hauttypen*
 - *Wie lange darf ich ein Sonnenbad nehmen?*
 - Experiment:
 - *Bestimmung des eigenen Hauttyps*
 - Animation:
 - *Besonnungs-Simulator*
 - Aufgaben:
 - *Was passiert mit der Haut, wenn sie zu viel UV-Strahlung ausgesetzt ist?*
 - *Welchen Hauttyp hast du? Musst du deshalb stärker auf Sonnenschutz achten?*
- **Sonnenschutz**
 - Film:
 - *Sonnenschutz z.B. durch Sonnencreme*
 - Texte:
 - *Sonnenschutzmaßnahmen*
 - *Funktion von Sonnencremes und UV-Schutzkleidung*
 - *Wie lange wirkt eine Sonnencreme?*
 - Experimente:
 - *UV-Schutzwirkung von Sonnencremes*
 - Animation:
 - *Besonnungs-Simulator*
 - Aufgaben:
 - *Erkläre, warum Sonnenschutzmaßnahmen so wichtig für einen Menschen sind?*
 - *Schreibe mindestens 5 Regeln auf, wie man sich richtig vor Sonnenstrahlung schützt!*

- **Licht- & UV-Strahlen**
 - Film:
 - *UV-Nachweis-Kiste*
 - Texte:
 - *Lichtstrahlen, Regenbogenfarben und UV-Licht*
 - *Warum ist die Tomate rot?*
 - *Komplementärfarben*
 - Experimente:
 - *Lichtexperimente*
 - *UV-Nachweis-Kiste*
 - Animation:
 - *Interaktiver Farbmischer*
 - Aufgaben:
 - *Erkläre, wie ein Regenbogen entsteht?*
 - *Warum ist eine reife Banane gelb und eine Rose rot?*
- **Atmosphäre & Ozon**
 - Film:
 - *Ozzy Ozone*
 - Texte:
 - *Aufbau der Atmosphäre und Ozonschicht*
 - *Stand der Sonne und UV-Strahlungsintensität*
 - Experimente:
 - *Wohin gelangt UV-Licht?*
 - Aufgaben:
 - *Sind Tiere und Pflanzen unter Wasser besser vor UV-Strahlung geschützt?*
 - *Wo liegt die schützende Ozonschicht?*
- **Sonnenspezialisten**
 - Film:
 - *Wirkung von UV-Licht auf Bakterien*
 - Texte:
 - *Pflanzliche Sonnenspezialisten*
 - *Tierische Sonnenspezialisten*
 - *Menschen in der Wüste*

Zudem gibt es in der Übersicht einen roten Button, mit dem die Lerner die Möglichkeit haben, sich selbst zu „testen“, entweder über ein Quiz oder über ein Spiel.

Bei der gesamten Lernumgebung handelt es sich um ein offenes Lernangebot, d.h. Themen und Medienformat sind frei wählbar, die Bearbeitungszeit und die Wiederholungsrate sind nicht vorgegeben und werden vom Lerner selbst entschieden. Das bedeutet aber auch, dass durch den Lerner ständig Entscheidungen getroffen werden: Themenbereiche und Medienformate müssen angeklickt werden, und auch innerhalb der aufgerufenen Formate müssen weitere Klicks erfolgen, z.B. um einen Film zu starten oder um bei mehrseitigen Infotexten die nächste Seite aufzurufen.

Für alle Themenbereiche gilt, dass alle Medienformate im Themenbereich die gleiche Basisinformation zur Verfügung stellen. Die Testfragen im Anschluss an die Bearbeitung des Themenbereichs sollten daher unabhängig vom Medienformat beantwortet werden können.

Die erste Entscheidung, die der Lerner treffen muss, ist die Wahl einer Begleitfigur. *Tim* oder *Lisa* sollen den Lerner durch das Programm begleiten (siehe Abbildung 7.2.3).



Abbildung 7.2.3 Lisa und Tim

Nach der Entscheidung für Lisa oder Tim erfolgt durch die Figur eine Einweisung in das Lernprogramm. Diese ist so formuliert, dass der Lerner durch die Figur angesprochen wird, wie z.B.: „Rechts siehst du den Wegweiser im Überblick. Dort kannst du alle Themen sehen und auswählen. Du kannst dabei nicht nur auf das Thema klicken, sondern du kannst direkt eine bestimmte Darstellung wählen z.B. einen Film oder einen Text oder ein Experiment oder...oder...“ Auch wenn dem Lerner überlassen ist, wie er sich in der Lernumgebung verhält und entscheidet, wird trotzdem ein Leitziel angegeben, dass die Figur in der Einführung vorgibt: „Dein Ziel ist es, einer Freundin so viel wie möglich über Sonnenstrahlen und Sonnenschutz erklären zu können!“ Neben dem Leitziel, gibt es in jedem Themenbereich themenspezifische Aufgaben und die generelle Aufgabe Eintragungen in das Lerntagebuch zu tätigen. Im folgenden Abschnitt wird anhand des Themenbereichs Hauttypen exemplarisch die Computerumgebung dargestellt. Die Übersicht des Themenbereichs gibt eine kurze Information zum Inhalt (des Themenbereichs) und zeigt die unterschiedlichen Medienformate als Icon und Überschrift an, wie in Abbildung 7.2.4 zu sehen ist.

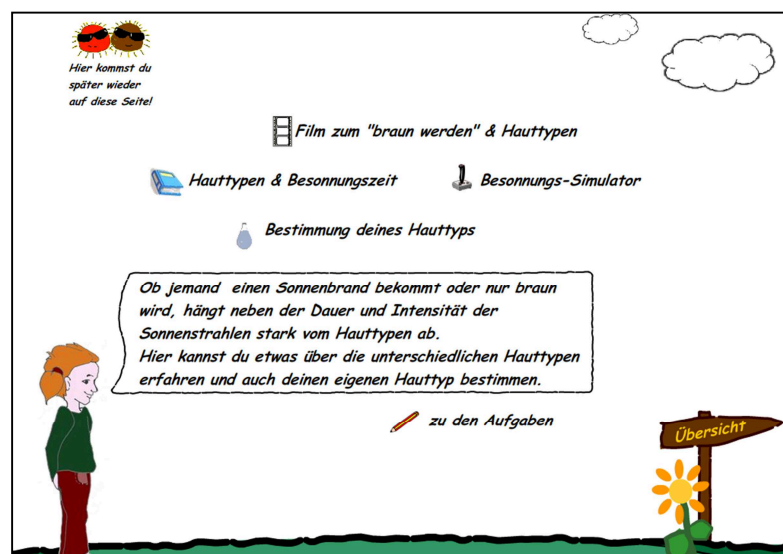


Abbildung 7.2.4 Übersicht zum Themenbereich Hauttypen

Das Schild „Übersicht“ rechts unten in der Ansicht, fungiert als Button, um zur gesamten Übersicht über alle Themenbereiche zu gelangen.

Beim Anklicken des Filmicons öffnet sich die Darstellung wie sie in Abbildung 7.2.5 zu sehen ist. Filme und Animationen sind immer links oben im Fenster angeordnet. Das Abspielen der Filme beginnt erst mit Betätigen des Startbuttons. Die meisten Filmbeiträge sind vertont, deshalb stehen auch Kopfhörer zur Verfügung, damit jeder Lerner selbst seine Filmvertonung hören kann, ohne den Nachbarn zu stören. Die Filme dauern in der Regel 1-2 Minuten, sodass auf eine Regelbarkeit (z.B. Vorspulen etc.) der Filmwiedergabe verzichtet wurde. Alle Filmbeiträge können wiederholt abgespielt werden.



Abbildung 7.2.5 Film zum Thema Hauttypen

Im Filmbeitrag zu den Hauttypen werden die unterschiedlichen Hauttypen erläutert, und es gibt eine Trickfilmanimation, welche die Prozesse erklärt, die bei der Hautbräunung in den Hautschichten ablaufen, wenn die Haut Sonnenstrahlen ausgesetzt ist.

Animationen/Simulationen sind in diesem Programm nicht nur Trickfilmdarstellungen bzw. visualisierte Modelldarstellungen, wie sie z.B. die Abbildung 7.2.6 zeigt, sondern bieten dem Lerner unterschiedliche Interaktionsmöglichkeiten. Diese Animationen/Simulationen werden erst durch Anklicken gestartet. Die Ablaufzeit ist im Gegensatz zu den Filmen nicht festgelegt.

Abbildung 7.2.6 Simulation²⁵

Diese Simulation besteht aus der Wahl von drei Faktoren, die die Hautbräunung oder die Entstehung von Sonnenbrand beeinflussen: Sonnenszenerie (z.B. Wüste, See etc.), Wahl eines geeigneten Sonnenschutzes (z.B. Sonnenschirm, Sonnencreme, etc.) und der Wahl des Hauttyps. Anschließend berechnet das Programm die maximale Sonnenzeit bis zum Sonnenbrand und gibt einen ausführlichen Infotext zum empfohlenen Sonnenschutz an.

Da es für den Lerner interessant sein könnte, seinen eigenen Hauttypen in der Simulation einzusetzen, gibt es hier als Experiment die Bestimmung des eigenen Hauttyps. Die Abbildung 7.2.7 zeigt den Aufbau der Experimentieranleitungen im Programm, für die anderen Themenbereiche sind die Experimentieranleitungen analog dargestellt.

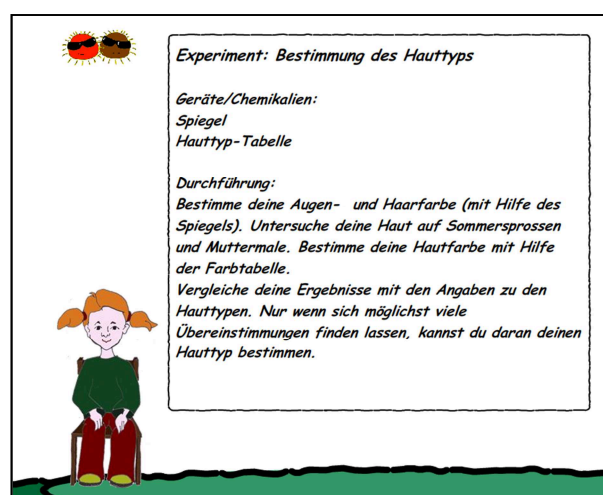


Abbildung 7.2.7 Experiment Hauttyp

²⁵ Screenshot aus dem Sonnenbrand Simulator: <http://www.planet-schule.de/sf/php/mmewin.php?id=79>

Die benötigten Geräte und Chemikalien (bis auf die UV-Lampen) sind in der Experimentierbox vorhanden, von der jedem Lerner eine eigene Box zur Verfügung steht (siehe auch Abbildung 7.2.10). Beim dargestellten Experiment werden nur zwei Materialien benötigt: ein Spiegel und eine Hauttyp-Tabelle. Die Bestimmung des eigenen Hauttyps kann dabei eine besondere mentale Herausforderung an den Lerner darstellen, da er persönliche Merkmale herausfinden soll und sich selbst dadurch in einem allgemeinen Kategoriensystem einordnen soll.

Alle Themenbereiche besitzen Informationstexte, die im Wesentlichen alle Informationen enthalten, die auch in den Filmen, Animationen und Experimenten vorkommen. Die Anzahl der Texte variiert in jedem Themenbereich wie auch die Textlängen, die auch über bis zu drei Seiten verteilt sein können. Insgesamt sind die Texte auf die wesentlichen Informationen reduziert, die einzelnen Seiten enthalten nicht mehr als 150 Wörter und sind häufig mit zusätzlichen Bild- oder Grafikinformatoren kombiniert, sodass das Lesen am Bildschirm nicht ermüdend sein sollte. Zudem wurde auf eine Vertonung der Texte verzichtet, weil der technische Aufwand für die kurzen Texte zu groß erschien. Hier hätte berücksichtigt werden müssen, dass im Fall einer Audiopräsentation der Text nicht gleichzeitig sichtbar sein dürfte. Des Weiteren kann die gleichzeitige Präsentation von Text und Narration und vor allem in weiterer Kombination mit Bildern oder Graphiken zu einem Overload der Informationsverarbeitungsmöglichkeiten führen, da der visuelle Kanal der Wahrnehmung das Potential des kognitiven Verarbeitungsprozesses weitestgehend auslastet, bedingt durch die gesplittete Informationsaufnahme aus geschriebenem Text und Graphiken (Colvin & Mayer 2008, S.121 ff.). Die zusätzliche Beanspruchung über einen auditiven Kanal der Wahrnehmung würde wahrscheinlich zu einer verminderten Lernleistung führen. Darüber hinaus sollte einem Redundanzeffekt vorgebeugt werden (vgl. Colvin & Mayer 2008, S. 117 ff., Mayer 2007, S.147 ff.). Abbildung 7.2.8 zeigt eine typische Textinformation, in der die unterschiedlichen Hauttypen und ihre typischen Merkmale vorgestellt werden. Die gleichen Abbildungen sind auch auf der Hauttypentabelle im Experiment aufgeführt, mit denen der eigene Hauttyp ermittelt werden soll.

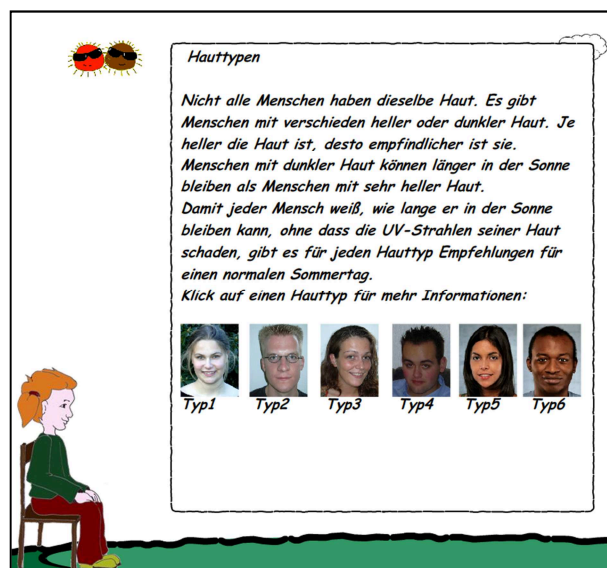


Abbildung 7.2.8 Textinformation Hauttypen

Diese Bestimmung des Hauttyps wird auch durch eine der Aufgabenstellungen zum Themenbereich Hauttyp aufgegriffen, bei der nach dem eigenen Hauttyp und dem

Sonnenschutzverhalten gefragt wird. Wie in Abbildung 7.2.9 zu sehen ist, sind zwei Aufgaben gegeben.



Abbildung 7.2.9 Aufgaben zum Hauttyp

Neben der computerbasierten Lernumgebung gibt es durch die Experimentierbox die Möglichkeit, reale Experimente durchzuführen. Die Experimentieranleitungen stehen ausschließlich durch das Programm zur Verfügung, d.h. es gibt keine Printversion. In Abbildung 7.2.10 ist die Experimentierbox sowie die typische Arbeitsplatzorganisation zu sehen. Der Arbeitsplatz besteht aus einem Laptop mit Mouse, Kopfhörern und der Experimentierbox. Da diese Materialien im gleichzeitigen Gebrauch viel Platz einnehmen, steht jedem Lerner die doppelte Arbeitsfläche zur Verfügung wie es sonst im Regelunterricht üblich ist. Die Experimentierbox enthält alle Materialien für die Durchführung der Experimente, die im Programm angegeben sind. Lediglich die UV-Lampen werden zentral im Klassenraum aufgebaut. Diese sind so groß, dass mehrere Lerner die Lampen gleichzeitig nutzen können. Auch das Experiment zur UV-Kiste wird separat bereitgestellt, da die benötigten Materialien zu groß und sperrig sind. Der Inhalt der Experimentierbox ist in Tabelle 7.2.1 aufgelistet und ist so bemessen, dass Experimente auch mehrmals durchgeführt werden können.

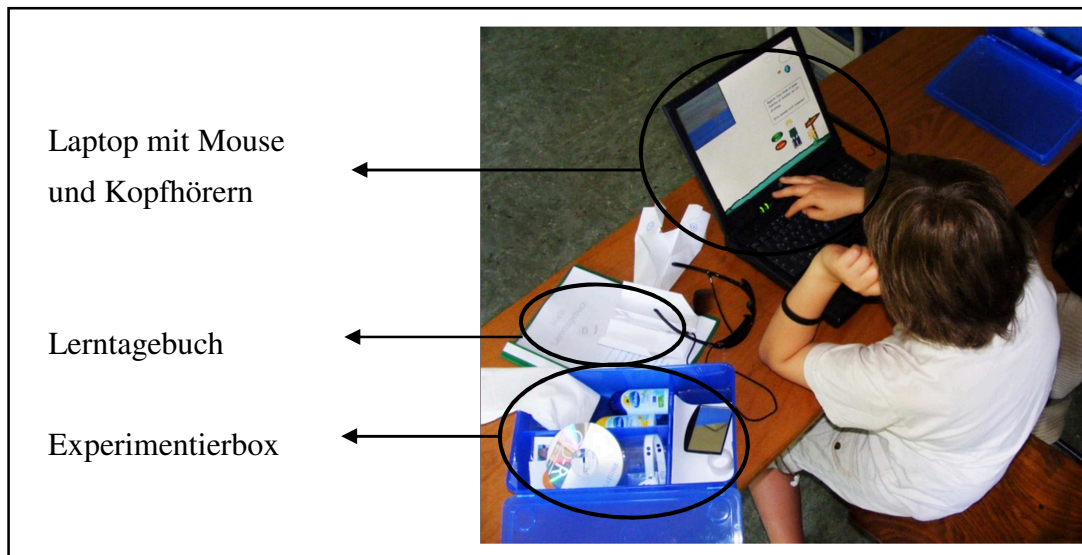


Abbildung 7.2.10 Arbeitsplatz mit Experimentierbox

Tabelle 7.2.1 Inhalt der Experimentierbox

Bechergläser	Papier	Lupe
Sonnencreme ²⁶	Tesafilm	CD-Rohling
Pflegelotion	Schere	Klarsichthülle
UV-Perlen	Hauttypenskala	Sonnenbrillenglas
Spiegel	Farbkreise	

Im anschließenden Kapitel werden nun die Untersuchungsinstrumente vorgestellt, mit denen die individuellen Lernvoraussetzungen und Lernaktivitäten in der LU SunExplorer erfasst werden.

²⁶ Verschiedene LSF: 8, 20, 50.

7.3 Qualitative und quantitative Untersuchungsinstrumente

Die folgende Darstellung der eingesetzten Erhebungsinstrumente stellt eine Mischung aus quantitativen Instrumenten z.B. CFT-20 und qualitativen Instrumenten z.B. Screen-Video dar. Die eingesetzten Instrumente lassen sich in zwei Bereiche unterteilen: Instrumente zur Erhebung von Persönlichkeitsmerkmalen und Instrumente zur Erhebung von Prozessdaten.

Kognitive Fähigkeiten (CFT-20)

Als Untersuchungsinstrument zur Messung der kognitiven Fähigkeiten wird die Skala 2 des Grundintelligenztest CFT-2 in seiner modifizierten Version des CFT-20 eingesetzt. Dieser Test basiert auf dem *Culture Fair Intelligence Test - Scale 2*. Ziele dieses Testverfahrens eine ökonomische und valide Diagnosemöglichkeit zur Messung der grundlegenden geistigen Leistungsfähigkeit. Mit dem CFT-20 steht zudem ein Messinstrument zur Verfügung, „das frei ist von – mehr oder weniger zufälligen – Einflüssen des soziokulturellen, erziehungsspezifischen oder rassischen Hintergrundes, um die Entfaltungsmöglichkeiten eines Individuums erfassen zu können.“ (Weiß 1998, S.8)

Da in dieser Untersuchung zwei Gruppen von Schülern unterschiedlicher Schulformen untersucht werden, bei denen aus den Bedingungen des Umfelds heraus ein deutlicher Unterschied hinsichtlich der genannten Einflüsse zu erwarten ist, stellt dieser Test eine geeignete Möglichkeit dar, die kognitiven Fähigkeiten der Probanden unabhängig von diesen Einflüssen abschätzen zu können. Der altersspezifische Anwendungsbereich des CFT-20 bei Schülern liegt zwischen 8,5 und 18 Jahren, zudem gibt es schulspezifische Normwerte, mit denen die eigene Stichprobe verglichen werden kann. Der CFT-20 gilt als valides und objektives Verfahren mit guter Reliabilität (Holling et al 2004 S.91 ff, Schweizer 2006 S. 80 ff). Es muss jedoch beachtet werden, dass der CFT-20 im Vergleich zu anderen Verfahren der Intelligenzmessung die IQ-Werte der Probanden leicht überschätzt (Schweizer 2006).

Der Test besteht aus zwei Testteilen, die jedoch in Abhängigkeit der Intelligenzverteilung der Probanden unterschiedlich eingesetzt werden können (Weiß 1998, Holling et al. 2004, S. 92). Deshalb wird bei der gymnasialen Untersuchungsgruppe nur der Testteil 1 eingesetzt (durchschnittliche IQ-Verteilung > 115), während bei den Hauptschülern beide Testteile eingesetzt werden²⁷.

Schulisches Fähigkeitsselbstkonzept (SESSKO)

Das Fähigkeitsselbstkonzept ist eine wichtige Kenngröße, an der das Erleben und Verhalten einer Person charakterisiert werden kann (Dickhäuser 2006). Das in dieser Untersuchung eingesetzte Instrument bezieht sich in diesem Zusammenhang auf das schulische Fähigkeitsselbstkonzept. Die Skalen zur Erfassung des schulischen Selbstkonzepts (SESSKO) beinhalten vier Bezugsnormen, in denen sich die Probanden hinsichtlich ihrer schulischen Fähigkeiten und Leistungen einschätzen müssen. Die Bezugsnormen sind in die Skalen *kriterial*, *individuell*, *sozial* und *absolut* unterteilt und enthalten jeweils 5-6 Items zur Einschätzung. Jedes Item besteht aus einem 5-stufig semantisch differenzierten Antwortformat, wie dieses Beispiel aus der kriterialen Skala zeigt:

²⁷ Entsprechen dem Manual sollen bei zu erwartenden niedrigen IQ-Werten beide Testteile eingesetzt werden, um eine höhere Validität zu erreichen. Bei höheren IQ-Werten könnte der zweite Testteil zur Verschlechterung des Messergebnisses führen, da die Probanden diesen aufgrund der Wiederholung nicht ernsthaft genug bearbeiten könnten.

„Wenn ich mir angucke, was wir in der Schule können müssen, finde ich, dass ich ...
wenig kann □ □ □ □ □ viel kann“

Wie am Beispiel zu sehen, bezieht sich die kriteriale Skala auf die schulischen Anforderungen als Bezugsnorm. In der individuellen Skala ist die Bezugsnorm ein zeitlicher Vergleich zwischen Vergangenheit und dem aktuellen Zeitpunkt für ein und dieselbe Person: „Ich bin für die Schule ... weniger begabt/begabter als früher.“ In der sozialen Skala vergleicht sich der Proband mit seinen Mitschülern, während die absolute Skala keine Vergleichsnorm aufweist.

Für diese Untersuchung stellt die kriteriale Skala die wichtigste Bezugsnorm dar, weil hier Aussagen zum generellen Verhältnis gegenüber Lernanforderungen getroffen werden, welche wiederum konkret in der Untersuchung durch die Lernumgebungen gestellt werden. Die Lernumgebung ist des Weiteren so konzipiert, dass die Probanden nicht in eine soziale Interaktion mit den Mitschülern treten müssen, sodass die soziale Skala weniger interessant hinsichtlich der Lernumgebungen sein dürfte, da sich die Probanden nicht mit den anderen vergleichen müssen.

Die Erstellung einer fachspezifisch adaptierten Fassung der SESSKO erscheint aus zwei Gründen nicht notwendig, einerseits führen Schöne et al. (2002) an, dass zumindest im Fach Mathematik eine fachspezifische Version der SESSKO kein signifikant unterschiedliches Ergebnis hervorbringt. Zum anderen haben die Probanden dieser Untersuchung (Jg.-Stufe 5) in der Regel noch keinen bzw. kaum naturwissenschaftlichen Unterricht im Vorfeld erfahren, sodass sie voraussichtlich kaum Einschätzungen aufgrund von Erfahrungen zum naturwissenschaftlichen Unterricht treffen könnten.

Die statistischen Werte der Gütekriterien zeigen, dass die SESSKO ein objektives und zuverlässiges Testverfahren darstellen (Daseking & Lemcke 2006). Die Durchführung erfolgt entsprechend den Manualvorgaben und dauert maximal 25 Minuten.

Lern- und Leistungsmotivation (SELLMO)

Die Skalen zur Erfassung der Lern- und Leistungsmotivation haben die Lern- und Leistungsmotivation als Zielorientierung (Spinath et al. 2002). Die SELLMO stellen eine Weiterentwicklung des MOS-D dar, der deutschen und überarbeiteten Version der Motivational Orientation Scales. Die SELLMO enthalten 31 Items, die sich auf vier Skalen verteilen: Lernziele, Annäherungs-Leistungsziele, Vermeidungs-Leistungsziele und Arbeitsvermeidung. Beispielhaft sind typische Itemformulierungen wie folgt für die vier Skalen aufgeführt:

„In der Schule geht es mir darum...“

- „...neue Ideen zu bekommen“ (Lernziele)
- „... nicht durch dumme Fragen aufzufallen“ (Vermeidungs-Leistungsziele)
- „...zu zeigen, dass ich bei einer Sache gut bin“ (Annäherungs-Leistungsziele)
- „...den Arbeitsaufwand stets gering zu halten“ (Arbeitsvermeidung)

(Spinath et al. 2002)

In Bezug auf die Gütekriterien stellen die SELLMO für die Testung von Schülern ein valides und objektives Verfahren dar (Berger & Rockenbach 2005). Die Durchführung erfolgt entsprechend den Manualvorgaben und dauert maximal 15 Minuten.

Wissenstest (Pre-/Post)

Da es zur Messung des Vorwissens und des Lernerfolgs keinen standardisierten Leistungstest zum Inhalt der Lernumgebungen gibt, erfolgte zur Abschätzung des Vorwissens der Probanden der Einsatz von 9 modifizierten Fragen aus dem Fragebogen, der schon zur Erfassung der Kenntnisse in der Jg.-Stufe 5 (siehe Kapitel 7.1) eingesetzt wurde.

Die itemspezifischen ordinalen Antwortmöglichkeiten wurden im Fragebogen beibehalten, um sich bei der vergleichenden Analyse mit den Lernprozessdaten (z.B. Screencast) eindeutiger auf den jeweiligen Iteminhalt beziehen zu können (Rost 2004, S.68). Dadurch lassen sich auch diese Ergebnisse besser mit den Lernprozessdaten (z.B. Lerntagebuch) vergleichen. Aus der heterogenen Fragebogenstruktur und der geringen Probandenzahl ergibt sich der Umstand, dass Gütekriterien mit Hilfe der klassischen Testtheorie wie der Reliabilitätsabschätzung mittels Cronbachs Alpha (α) für dieses Modell kaum bestimmbar sind. Exemplarisch ist für den Pretest der gymnasialen Untersuchungsgruppe partiell ein Reliabilitätswert ermittelt worden. So ergibt sich für die Items der Fragen 1 bis 9 nach Recodierung ein α von 0,43. Dies ist ein schwacher Wert für die innere Konsistenz des Modells zum Vorwissen verglichen mit den Wertangaben von Lienert und Raatz (1998). Der internen Konsistenz liegt unter anderem die Trennschärfe der einzelnen Items zugrunde (Mummendy 1995). Daher sind erwartungsgemäß die Trennschärfen der verwendeten Items sehr unterschiedlich verteilt, diese liegen zwischen 0,2 und 0,41. Im Mittel bilden sie einen Wert von 0,2. Damit liegt der Trennschärfeindex unter dem empfohlenen Wert ($>0,3$) nach Lienert für heterogene Tests. Auch für die Abschätzung der Aufgabenschwierigkeit eignen sich nicht alle Items gleich gut, da es einige Items gibt, deren Schwierigkeitsgrad sehr gering ist, z.B. bei der Frage *Wann musst du Sonnencreme benutzen?* gibt es das Antwortitem *in der Nacht*, hier liegt erwartungsgemäß ein Schwierigkeitsindex von >90 vor. Trotzdem eignet sich dieses Item, da es eine Art Kontrollfunktion ausübt, um die wenigen Angaben plausibler einschätzen zu können. Betrachtet man die Items der eingesetzten Fragen, abzüglich der erwartungsgemäß sehr einfachen Items, so ergibt sich ein mittlerer Schwierigkeitsindex von 57 bei 13 Items (alle Schwierigkeitsindexe liegen hier zwischen 34 und 80), was den üblichen Konventionen entspricht (Bühl 2008, S. 508, Bortz & Döring 2002). Die Fragen sind im Mittel tendenziell eher als leicht einzustufen. Die schwierigste Frage: *Was entsteht, wenn man die Farben des Regenbogens miteinander mischt?* hat den Index von 34.

Die Verwendung des Wissenstest ist trotzdem zu rechtfertigen, da aus den inhaltlichen Antworten der Probanden durchaus ein Vergleich auf Individualebene zwischen Pre- und Posttest möglich ist. Wenn ein Proband im Posttest eine differenziertere Angabe treffen kann als im Pretest, muss davon ausgegangen werden, dass der Proband etwas dazu gelernt hat.

Im Sinne von Konstruktvalidität unterstützt die Arbeit von Warbruck (2008), die in dieser Arbeit verwendeten Fragen. Warbruck hat basierend auf den hier verwendeten Fragen einen umfassenderen Fragen-/Itemkatalog zur Messung der Leistung entwickelt. Diese dort weiterentwickelten Items weisen eine gute Reliabilität von $\alpha = 0,86$ auf. Auch hier lässt sich das Anforderungsniveau der Fragen eher als leicht einstufen (Schwierigkeitsindex 62). Diese Werte unterstützen die Konstrukt- und Kriteriumsvalidität (Mummendy 1995, Rost 2005) für die vergleichbaren Items dieser Untersuchung. Allerdings ist der Testumfang dieser Leistungsmessung mit 30 Fragen sehr groß geworden, was für die hier

vorliegende Untersuchung vermieden werden sollte, um bei den relativ jungen Probanden und angesichts der vielen Testinstrumente Ermüdungseffekte gering zu halten.

Interesse und Wichtigkeit

Das Interesse und die Einschätzung der Wichtigkeit zum Thema Sonnenschutz wird jeweils anhand einer Likert-Skala erfasst (uninteressant...sehr interessant bzw. unwichtig...sehr wichtig). Beide Items werden im Pre- und Posttest erfasst.

Computernutzung & Informationsquellen zum Sonnenschutz

Nur im Pretest wird nach dem Nutzungsverhalten des Computers und den Informationsquellen zum Sonnenschutz gefragt.

Einschätzungen zur Lernumgebung

Nur im Posttest wird nach der Einschätzung des eigenen Lernerfolgs, dem Lernerfolg im Vergleich zum herkömmlichen Unterricht, der Attraktivität des Lernprogramms, der Schwierigkeit bei der Themen- bzw. Medienwahl sowie den Instruktionen im Programm gefragt.

Die folgenden Messinstrumente sollen Daten erheben, anhand derer sich Aussagen zum Lernprozess ableiten lassen.

Erfassung der Aktivitäten im Lernprogramm

Die Erfassung der Computernutzung, im Besonderen von Aktivitäten und Handlungen in computerbasierten Lernprogrammen, erfolgt in der Regel über Interviews bzw. Fragebögen (retroperspektiv), Beobachtungen, Benutzungstests (usability tests), oder es werden Protokolldateien (logfiles) angelegt (Zwingenberger 2009, S.48).

Ein ausführliches Beispiel für den methodischen Einsatz von Interviews, Fragebögen und Beobachtungen lässt sich bei Schaumburg (2003, S.100 ff) finden. Ein Vorteil dieser Vorgehensweise ist die Möglichkeit die unterschiedlichen Daten miteinander zu triangulieren und damit valider darstellen zu können.

Nutzungsprotokolle (logfiles) aufzuzeichnen, bedeutet Momentaufnahmen des Systemzustands zu erfassen, die über die (automatisierte) Protokollierung von Ereignissen, Zuständen und deren zeitlichen Verlauf erfolgen. Logfileuntersuchungen bieten den Vorteil, dass die Datengewinnung und Auswertung meistens weniger aufwendig sind als die anderen oben aufgeführten Verfahren (Degenhardt 2001, Priemer 2004). Zudem handelt es sich hier um ein nicht reaktives Verfahren, d.h. die beforschten Probanden werden nicht in die Datenerhebung aktiv und motivational mit einbezogen. Beispiele für die Anwendung von Nutzungsprotokollen bei computerbasierten Lernumgebungen mit chemischen Inhalten sind bei Schanze (2001), Lensment (2002) und Warbruck (2008) zu finden. Priemer (2004) führt jedoch neben den Vorteilen für Logfile-Analysen eine Reihe von Nachteilen auf, z.B.:

- das anfallende Datenmaterial ist häufig sehr umfangreich und enthält viele unnütze Daten
- Aktionen und Handlungen außerhalb des Computers (z.B. Nachdenken, Experimentieren, Kommunizieren) werden nicht erfasst
- zeitliche Verläufe können nicht sicher wiedergeben, ob sich der Nutzer tatsächlich auch gedanklich mit dem Lernprogramm beschäftigt „ein Rückschluss [...] auf zu Grunde liegende kognitive Prozesse ist schwierig“

Im Rahmen dieser Arbeit werden Nutzungsprotokolle durch die Aufzeichnung von Screencasts (vgl. Brown et al. 2009, Schnabl & Weippl 2009) erstellt.

Video

Die Lernsituation wird zudem mit Hilfe von Videokameras als Film erfasst. Dabei werden im Unterrichtsraum mehrere Kameras eingesetzt, um möglichst alle Handlungen der Lerner erfassen zu können.

Lerntagebücher

Eine allgemeine Definition zum Lerntagebuch hat Bartnitzky (2004a, S. 6) verfasst:

„Ein Lerntagebuch besteht aus mehreren, in regelmäßigen Abständen verfassten und chronologisch aneinander gereihten Aufzeichnungen, in denen der Autor [in der Regel Schüler] Erfahrungen des (meist schulischen) Lernprozesses mit sich und seiner Umwelt aus subjektiver Sicht unmittelbar festhält.“

Prinzipiell kann ein Lerntagebuch zwei Funktionen erfüllen. Zum einen dient es dem Lerner selbst als Grundlage für die unbewusste, aber vor allem bewusste Reflexion des eigenen Lernens und zum anderen kann es außen stehenden Beobachtern (z.B. Lehrer oder Forscher) Hinweise zum Lernprozess des Lerners liefern. So können verschiedene Seiten der vollzogenen Handlungen sowie deren begleitende Gedanken schriftlich fixiert werden, wodurch ein Lerntagebuch Aspekte eines Inhaltsprotokolls, eines Arbeitsberichtes, der Reflexion eigener Gedanken, Gefühle und Erkenntnisse, der Analyse von Arbeitsweisen, der Unterrichtsevaluation oder der Selbstbewertung beinhalten kann (Winter 2006, S. 262).

Die Kontrolle und Reflexion des eigenen Verstehens und der eigenen Lernerfahrungen können zu einem besseren Verständnis des eigenen Lernverhaltens und damit zur Entwicklung und (Selbst-) Steuerung individueller Lern- und Arbeitsstrategien (Rambow/Nückles 2002) führen bzw. metakognitive Kompetenzen fördern (Liebig 2003).

Während ein Lehrer Lerntagebücher als diagnostisches Instrument zur Grundlage von Interventionen oder zur Evaluation des Unterrichts nutzen kann (Winter 2006, S. 263; Kasper/Lipowski 1997, S. 88), werden (Lern-) Tagebücher in der Lehr-Lernforschung sowohl als qualitatives wie auch quantitatives Erhebungsinstrument eingesetzt (Gläser-Zikuda & Hascher 2007, S. 9 ff). Lerntagebücher bieten die Möglichkeit der Nutzung zur fallbezogenen Datenerhebung. Mayring (1995) hebt die Nutzung von Lerntagebüchern zur Erhebung von fallanalytischen Daten hervor, da zur Erfassung von Lernstrategien mit Hilfe von Lerntagebüchern Feinanalysen ablaufender Prozesse durchführbar werden. Den standardisierten Instrumenten können Lerntagebücher „Zusatzmaterial zur Validierung, Vertiefung und Ergebnisinterpretation“ liefern (Mayring 1995, S. 161). Die Nutzung der unterschiedlichen Informationsebenen aus den Lerntagebüchern zur Triangulation von

Daten erscheint sinnvoll, wie auch Souvignier und Rös (2005, S. 73f.) festhalten, die den Einsatz von Fragebögen und Lerntagebüchern zur Erfassung von Lernstrategien untersucht haben.

Für die vorliegende Untersuchung wurde ein Lerntagebuch eingesetzt, das im Rahmen einer Staatsexamensarbeit (Lukossek 2007) mitentwickelt wurde. Der Aufbau des Lerntagebuchs gibt eine Reihe von Elementen vor (siehe Abbildung 7.3.1). So brauchen die Probanden das bearbeitete Thema nur anzukreuzen und haben in den vier darunter stehenden Abschnitten die Möglichkeit unter folgenden Überschriften Eintragungen zu tätigen:

- „Hier kannst du deine Beobachtungen und Notizen aufschreiben:“
- „Was hast du gemacht, was hast du nicht gemacht? Warum?“
- „Was hat dir gefallen, was hat dir nicht gefallen? Warum?“
- „Hattest du irgendwo Schwierigkeiten? Wie hast du dir geholfen?“

Meine Entdeckungsreise Datum: _____

Station (Kreuze an):

Sonnebrand ☐ Sonnenschutz ☐ Licht & UV-Strahlen ☐

Sonnenspezialisten ☐ Atmosphäre & Ozon ☐ Hauttypen ☐

Hier kannst du deine Beobachtungen und Notizen aufschreiben:
(Schreibe oder zeichne deine Beobachtungen und Ideen auf.)

Was hast du gemacht, was hast du nicht gemacht? Warum?

Was hat dir gefallen, was hat dir nicht gefallen? Warum?

Hattest du irgendwo Schwierigkeiten? Wie hast du dir geholfen?

Ideenbox:
Film Oder Animation
angesehen, gelesen,
experimentiert, zuerst,
danach, weil, darum,
deshalb, ...

Abbildung 7.3.1 Lerntagebuch

Auf der Titelseite des Lerntagbuchs gibt es eine einführende Instruktion zum Ziel des Lerntagebuchs und zur Arbeitsweise. Den Probanden steht für die verschiedenen Stationen bzw. Inhalte der Lernumgebung eine ausreichende Anzahl an Lerntagebuchseiten zur Bearbeitung zur Verfügung.

Gruppeninterviews

Interviews können die Möglichkeit bieten, über das Gespräch das subjektive Erleben und damit verbundene Verhaltensdispositionen offen zu legen. Gruppeninterviews (Bortz & Döring 2006, S. 242 ff.) werden hier mit 3-4 Probanden und einem Interviewer durchgeführt. Als Vorteile von Gruppeninterviews wird erwartet, dass sich die Befragten gegenseitig bei der Erinnerung von Ereignissen anregen. Die Gruppeninterviews orientieren sich am halb-standardisierten Interviewverfahren (Lamnek 1995), d.h. der Interviewer strukturiert sein Vorgehen anhand von Leitfragen. Die drei Leitfragen in dieser Untersuchung lauten:

1. Was würdest du einem Freund/einer Freundin zum Sonnenschutz berichten?
2. Wie wichtig ist für dich persönlich Sonnenschutz?
3. Wie bzw. was hat dir bei der Arbeit mit dem Lernprogramm (SunExplorer) gefallen oder nicht gefallen?

7.4 Auswertungsschema

Die Auswertung der Testinstrumente zu den Persönlichkeitsmerkmalen erfolgt entsprechend den Manualvorgaben, damit ergeben sich für jeden Probanden Ergebnisse zu seinen kognitiven, volitionalen und motivationalen Voraussetzungen sowie die Feststellung seines Wissenszuwachses. Die Instrumente, die Prozessdaten liefern, benötigen bis auf das Lerntagebuch eine Transkription. Anhand der transkribierten Daten können schließlich Typisierungen hinsichtlich der Nutzungsorientierung erfolgen. Die dazu notwendigen Kategorisierungen sind wie auch Beispiele der Transkription in die Ergebnisdarstellung integriert. Die im Anschluss folgende Ergebnisdarstellung der Hauptuntersuchung beginnt mit dem deskriptiven Vergleich der Untersuchungsgruppen, um für diese einen Gesamteindruck zu liefern. Anschließend folgt die Ergebnis- und Auswertungsdarstellung auf Individualebene (→Lernprofile). Abschließend werden exemplarisch Auffälligkeiten vorgestellt, die sich aus dem Vergleich der unterschiedlichen Datentypen bei einzelnen Lernern ergeben.

Folgendes Schema (7.4.1) verdeutlicht die Auswertungsstrategie, die zur Klärung der Forschungsfragen führen soll.

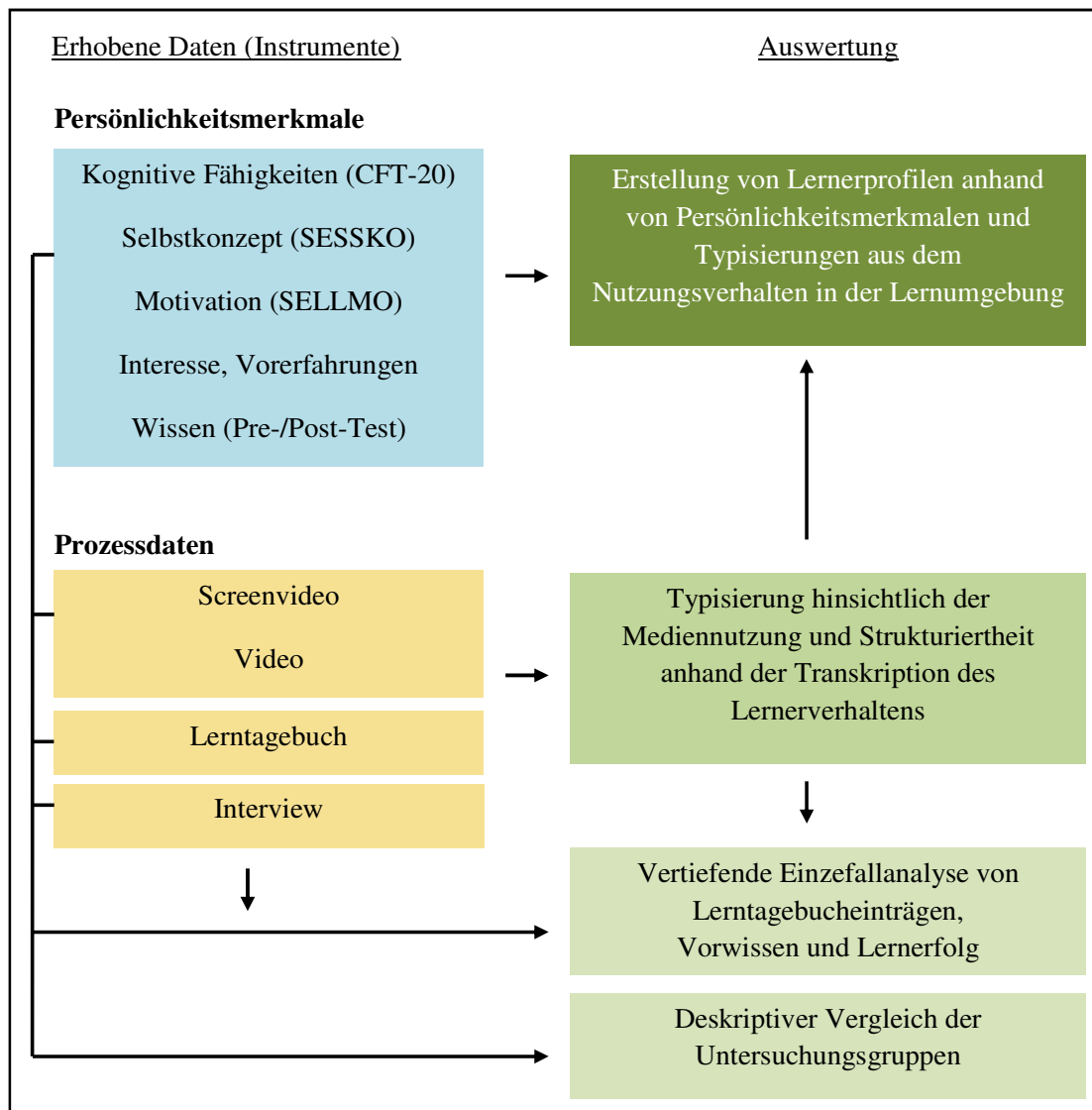


Abbildung 7.4.1 Auswertungsschema der Hauptstudie

7.5 Deskriptive Ergebnisse

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse aus den Test- und Fragebögen der beiden Probandengruppen sowohl hinsichtlich der Mittelwerte als auch als Übersicht der Individualebene vorgestellt. Gerade die Individualebene bildet die Grundlage für eine anschließende Diskussion dieser Ergebnisse. Die Probandengruppen bestehen aus Schülern der 5. Jahrgangsstufe an einer Hauptschule (16 Probanden) und an einem Gymnasium (22 Probanden). Aussagen zu geschlechtsspezifischen Zusammenhängen können in den folgenden Angaben nicht gemacht werden, da die Gruppen zufallsbedingt ungleich verteilt waren (Gymnasium: 4 m/ 18 w, Hauptschule: 10 m/ 6 w).

Zur Charakterisierung der kognitiven Fähigkeiten der Untersuchungsgruppen (Gymnasium (GY) / Hauptschule (HS)) wurden die IQ-Werte bestimmt. Die Verteilung der IQ-Werte ist zusammen mit der Altersverteilung in Tabelle 7.5.1 zu sehen.

Tabelle 7.5.1 IQ-Werte und Altersverteilung GY/HS

<i>Schulform/ Item</i>	<i>GY, N= 22</i>		<i>HS, N= 16</i>		<i>T-Test</i>
	<i>Mittelwert</i>	<i>SD</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>SD</i>	<i>Signifikanz</i>
IQ	117,09	11,85	89,06	0,81	$p < 0,001$
Alter	10,90	0,29	11,25	1,06	$p = 0,160$

SD = Standardabweichung, GY = Gymnasium, HS = Hauptschule

Die Verteilung der IQ-Werte zeigt, dass die gymnasiale Untersuchungsgruppe mit einem IQ-Wert von ca. 117 leicht überdurchschnittlich begabt ist, während sich die Hauptschulgruppe als normal begabt erweist. Dieser Unterschied ist signifikant. Während bei den Gymnasiasten keine Person mit einem IQ unter 100 vorkam, gab es in der Hauptschule einige Schüler mit IQ Werten zwischen 80 und 100. Ein Proband wurde als minderbegabt eingestuft ($IQ < 80$). Auf der anderen Seite befanden sich aber auch unter den Hauptschulprobanden Schüler, die einen IQ-Wert von über 100 aufweisen.

Diese Verteilung entspricht weitestgehend der Normierungsstichprobe des CFT-20. Die schulspezifischen IQ Mittelwerte liegen hier für das Gymnasium bei 110 und für die Hauptschule bei 93 (Weiß 1998, S. 52, S. 68). Die Abweichung des gymnasialen Mittelwertes lässt sich erklären, wenn davon ausgegangen wird, dass es sich hier um eine stark selektierte Gymnasialgruppe handelt (Weiß 1998, S.52). In dieser Erhebung wurde der Migrationshintergrund nicht erhoben, nach den Angaben der Klassenleitung kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die Hauptschulgruppe einen sehr hohen Anteil an Kindern mit Migrationshintergrund besitzt. In Anbetracht dieses Umstandes wird die leichte Abweichung des erhobenen IQ Wertes der HS-Gruppe vom Normierungswert verständlich, da auch schon in der Normierungserhebung festgestellt wurde, dass Kinder mit Migrationshintergrund im Durchschnitt einen geringeren IQ Wert aufweisen (Weiß 1998, S. 70).

Die Schüler der Hauptschule sind im Mittel gleich alt wie die Gymnasiasten, allerdings zeigen die Standardabweichungen, dass die Gruppe der Hauptschüler in der Altersstruktur deutlich heterogener ist.

Da die Probanden an einer computergestützten Lernumgebung lernen sollen, wurden sie nach ihrem Nutzungsverhalten am Computer befragt. In Tabelle 7.5.2 ist das wöchentliche Nutzungsverhalten der Probanden aufgeführt. Hier zeigen sich, bezogen auf die Häufigkeit der Computernutzung, deutliche Unterschiede zwischen den Hauptschülern und den Gymnasiasten. Während der Anteil der Hauptschüler mit einer täglichen Computernutzung am größten ist, bildet bei den gymnasialen Schülern die Gruppe mit einer Computernutzung von 1 bis 2 Mal pro Woche den größten Anteil. Es fällt auf, dass kein gymnasialer Proband angibt, den Computer täglich zu nutzen. Diese Unterschiede in der Nutzungsverteilung zwischen den Gruppen sind im Chi-Quadrat Test nach Pearson auch signifikant ($p = 0,005$). Bei beiden Gruppen ist der Anteil derer, die den Computer nie nutzen, sehr gering.

Tabelle 7.5.2 Computernutzung GY/HS

<i>Computernutzung pro Woche</i>	<i>Schulform</i>		<i>Gesamt [%] N = 36</i>
	<i>Gy N = 20</i>	<i>HS N = 16</i>	
nie	2	0	5
1mal	4	2	17
1- 2 mal	9	2	31
> 2 mal	5	4	25
täglich	0	8	22

Die Einschätzungen von *Wichtigkeit* und *Interesse* am Thema Sonnenschutz geben einen Eindruck, inwieweit sich die Probanden mit dem Thema beschäftigen wollen. Aus der Pre-/Post Befragung ergeben sich die in den Abbildungen 7.5.1 (Gy) und 7.5.2 (HS) dargestellten Ergebnisse. Hier sind die Angaben sowohl aus dem Pre- als auch Posttest gegenübergestellt. Die Gruppenmittelwerte sind als Linien angeführt. In den Abbildungen wird deutlich, dass eine individuelle Betrachtung der Ergebnisse sinnvoll ist, da hier im Gegensatz zur Mittelwertbetrachtung einzelne Probanden durch besondere Veränderungen herausstechen und gerade die Individualergebnisse stehen im Fokus dieser Untersuchung.

Gymnasiasten (Abbildung 7.5.1)

Für die Gymnasiasten zeigt sich, dass diese die Bedeutung von Sonnenschutz vor dem Umgang mit der Lernumgebung als wichtig einstufen, jedoch nicht als sehr wichtig (MW 2,3; SD 0,8). Diese Einschätzung verändert sich leicht im Posttest in Richtung sehr wichtig (MW 2,6; SD 0,6). Dieser Unterschied ist jedoch nur schwach signifikant ($p = 0,096$). Durchschnittlich ändert sich das Interesse am Sonnenschutz praktisch nicht. Im Pretest wird das Thema als interessant eingestuft (MW 1,8; SD 0,7), im Posttest ebenfalls (MW 1,9; SD 0,7).

Interessantere Beobachtungen ergeben sich bei der Betrachtung der Individualergebnisse. Hier zeigt sich, bei welchen Probanden die Einschätzungen der Wichtigkeit und/oder dem Interesse ansteigen, beispielweise bei den Probanden 6, 7 und 15. Besonders fällt aber auf, dass es Probanden gibt, bei denen die Bewertung von Wichtigkeit und Interesse abnimmt, z.B. die Probanden Nr. 3 und Nr. 5. Proband Nr. 4 sticht hervor, da bei diesem praktisch kein Interesse am Thema vorhanden ist, jedoch steigt dessen Einschätzung der Wichtigkeit von unwichtig zu sehr wichtig.

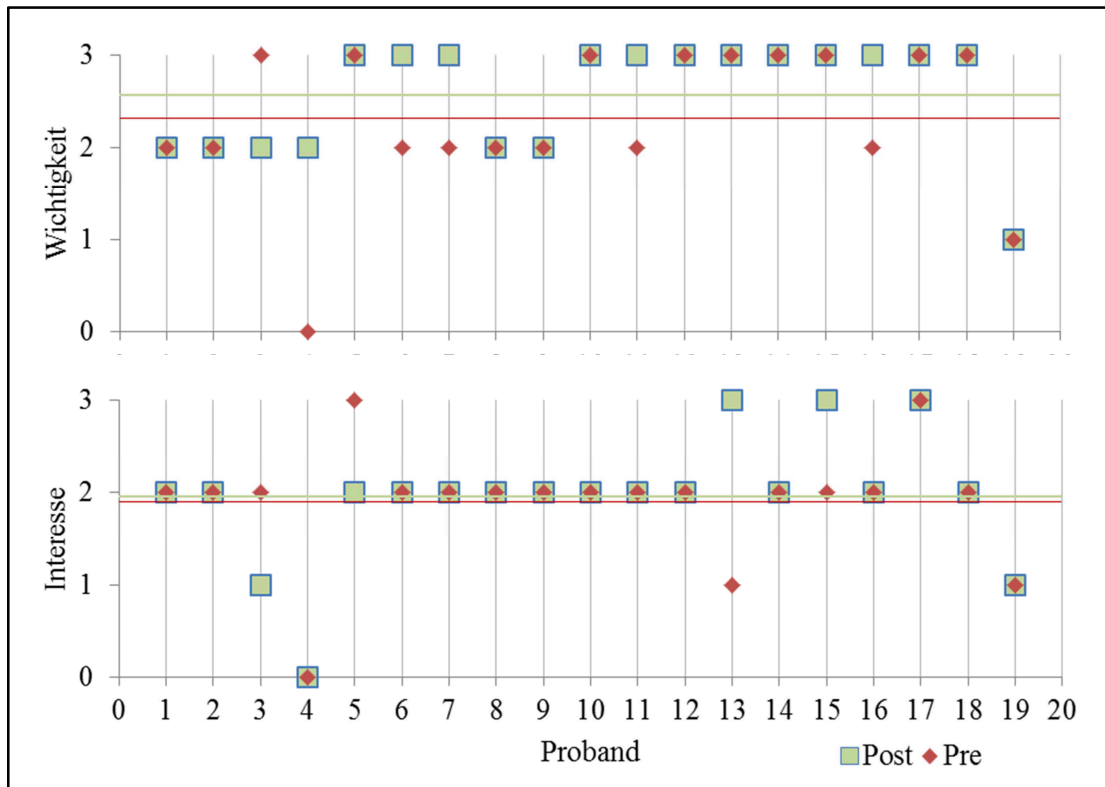


Abbildung 7.5.1 Pre-/Postvergleich Wichtigkeit/Interesse Gymnasium

Wertelabels: 0 = unwichtig, 1 = weniger wichtig, 2 = wichtig, 3 = sehr wichtig
 0 = uninteressant, 1 = weniger interessant, 2 = interessant, 3 = sehr interessant
 rote Linien: Mittelwert (Pre), grüne Linien: Mittelwerte (Post)

Entsprechend ergibt sich für die Hauptschüler folgendes Bild (Abbildung 7.5.2):

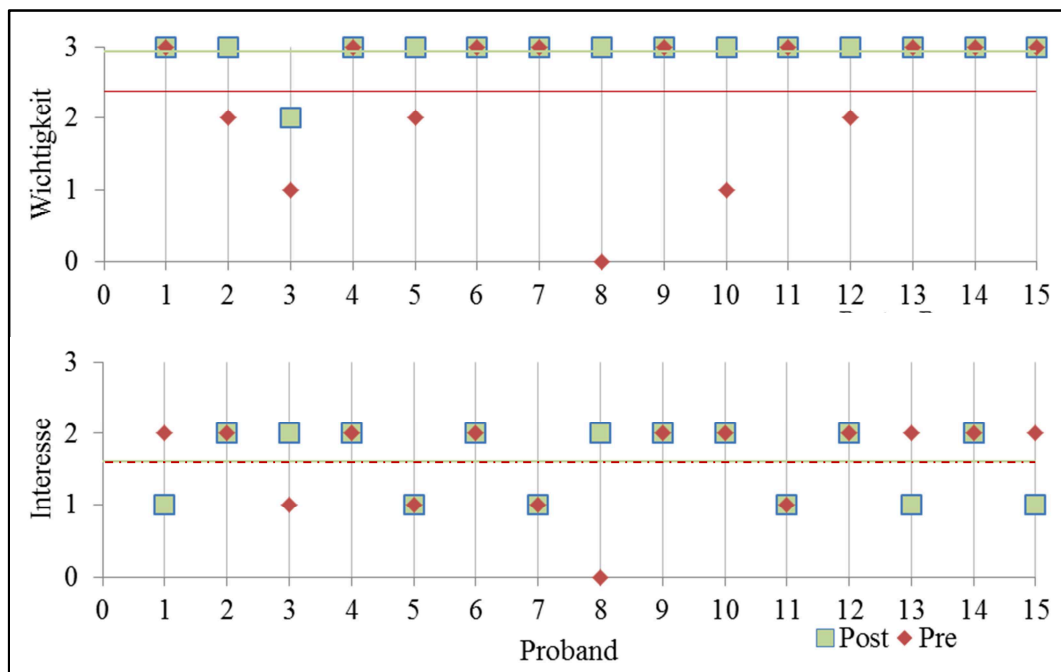


Abbildung 7.5.2 Pre-/Postvergleich Wichtigkeit/Interesse Hauptschule

Wertelabels: 0 = unwichtig, 1 = weniger wichtig, 2 = wichtig, 3 = sehr wichtig
 0 = uninteressant, 1 = weniger interessant, 2 = interessant, 3 = sehr interessant
 rote Linien: Mittelwert (Pre), grüne Linien: Mittelwerte (Post)

Hauptschüler (Abbildung 7.5.2)

Für die Hauptschüler ist bereits in der Vorbefragung das Thema Sonnenschutz wichtig, teilweise sogar sehr wichtig (MW 2,3; SD 0,9). Nach Bearbeitung der Lernumgebung ist fast allen Probanden das Thema Sonnenschutz sehr wichtig (MW 2,9; SD 0,3). Diese Veränderung erweist sich als signifikant ($p = 0,023$). Beim Interesse zeigt sich dagegen keine Veränderung, die Hauptschüler finden das Thema überwiegend interessant (Pretest MW 1,6; SD 0,6 und Posttest MW 1,6; SD 0,5). Bei der Betrachtung der Individualebene fällt auf, dass es keinen Probanden gibt, bei dem die Einschätzung der Wichtigkeit abnimmt. Im Gegenteil, bis auf einen Probanden gibt es nur noch die Einschätzung sehr wichtig. Bei Proband Nr. 8 verändert sich diese Einschätzung sogar von unwichtig zu sehr wichtig.

Im Gegensatz dazu steht die Veränderung des Interesses. Es gibt sowohl Probanden, bei denen sich das Interesse gesteigert hat, wie die Probanden Nr. 3 und 8. Es gibt aber auch Probanden, bei denen das Interesse nachlässt, wie bei den Probanden Nr. 1, 13 und 15.

Hinsichtlich der Veränderung von Kenntnissen zum Thema Sonnenschutz zeigt sich bei den Gymnasiasten ein Zuwachs (Pretest MW 20,4; SD 2,6 und Posttest MW 23,2; SD 2,3). Da aber ein hohes Vorwissen bestand, was sich durch eine mittlere Löseleistung von 68,2 % erreichter Punkte im Pretest äußert, steigert sich das Ergebnis im Posttest nur wenig (ca.10%). Dieser Zuwachs ist aber sehr signifikant ($p < 0,001$). Diese Ergebnisse spiegeln sich auch in der Abbildung 7.5.3 wieder, wo nochmals die Individualergebnisse dargestellt sind. Besonders herausragend sind hier Probanden wie Nr. 7 und 13, die eine deutliche Leistungsverbesserung zeigen. Es gibt aber auch Fälle, in denen Probanden im Posttest schlechter abschneiden als im Pretest, wie beispielsweise Proband Nr. 5.

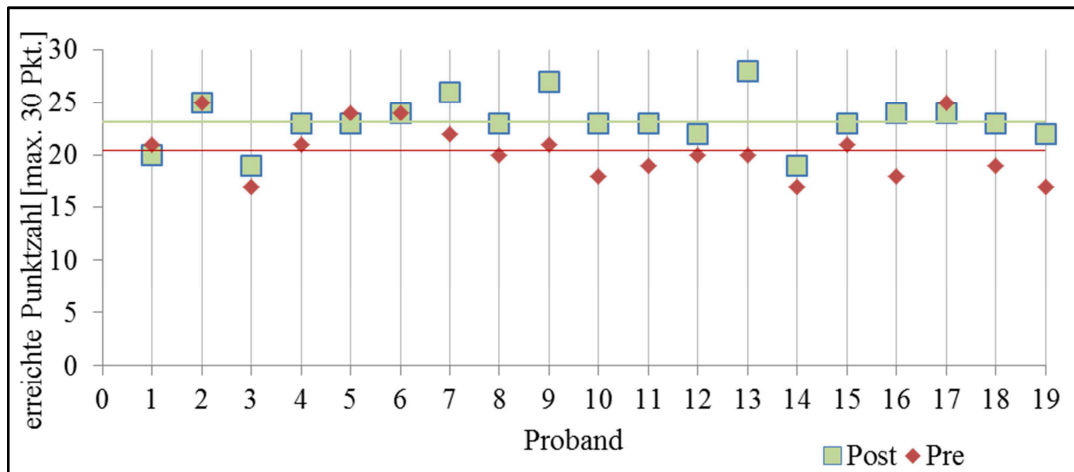


Abbildung 7.5.3 Pre-/Postvergleich Wissen Gymnasium

Auch bei den Hauptschülern scheint im Mittel die durchschnittliche Löseleistung von 37,1% im Pretest (MW 11,3; SD 4,1) und 42,9% im Posttest (MW 13,0; SD 4,5) zugenommen zu haben, diese Zunahme ist jedoch nicht signifikant. Da die maximal erreichte Punktzahl im Pretest nur bei 22 liegt, muss von einem eher geringen Vorwissen ausgegangen werden. Auf der Individualebene stechen Probanden wie Nr. 2 und 10 durch einen großen Leistungszuwachs heraus. Es gibt aber, wie bei den Gymnasiasten, Individuen die den Posttest schlechter lösen als den Pretest (z.B. Nr. 3 und Nr. 4). Folgende Abbildung (7.5.4) zeigt die Ergebnisse zum Wissenstest der Hauptschüler:

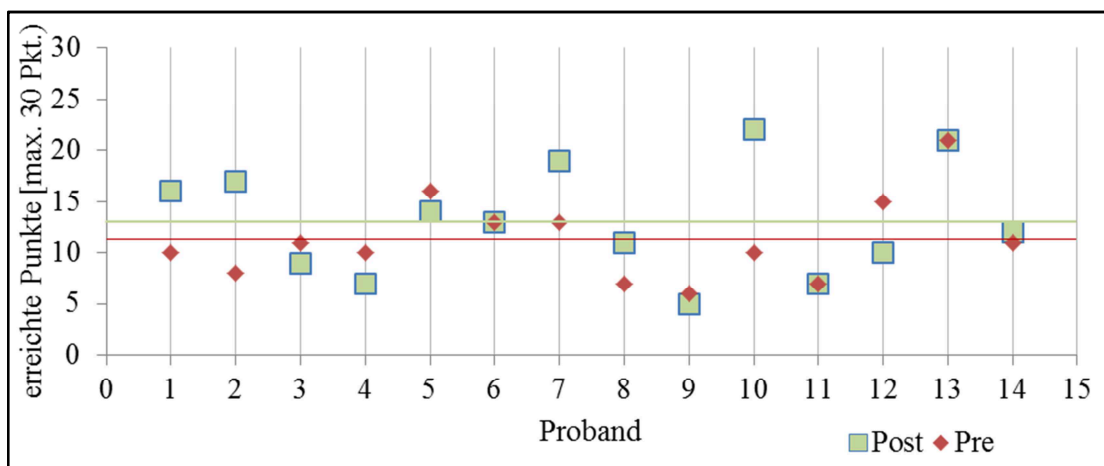


Abbildung 7.5.4 Pre-/Postvergleich Wissen Hauptschule

Zur Veränderung des Wissens veranschaulicht Abbildung 7.5.5 im Vergleich der beiden Probandengruppen (GY/HS), dass die Hauptschüler ein deutlich geringeres Wissen sowohl vor als auch nach dem Umgang mit der Lernumgebung aufweisen. Sie erreichen ungefähr die Hälfte der Punkte, die die Gymnasiasten erreichen.

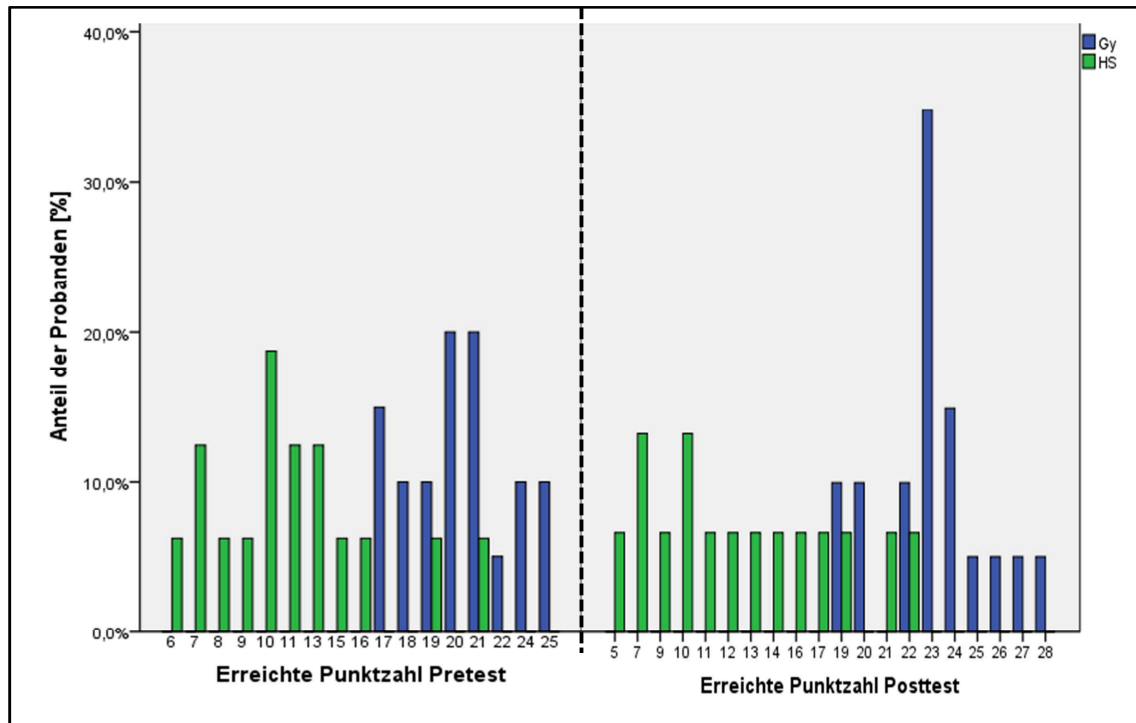


Abbildung 7.5.5 Schulformspezifischer Vergleich Wissen

Zudem wurden die Probanden nach Bearbeitung der Lernumgebung aufgefordert, Einschätzungen zum eigenen Lernerfolg sowie zur Attraktivität und Gestaltung der Lernumgebung anzugeben. Auf die Frage, ob die Probanden etwas durch die Bearbeitung der Lernumgebung gelernt haben, geben die Gymnasiasten an, dass sie *mittelmäßig viel* bis *viel* gelernt haben (MW 2,68; SD 0,71). Die Hauptschüler geben dagegen überwiegend an, dass sie viel gelernt haben (MW 2,93; SS 0,88). Es gibt keinen einzigen Probanden, der der Meinung ist, dass er durch die Lernumgebung nichts gelernt hätte.

Dagegen ergibt sich beim geschätzten Vergleich des subjektiven Lernerfolgs durch die Lernumgebung gegenüber dem Lernerfolg im herkömmlichen Unterricht ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppenmitteln. Während die gymnasialen Probanden tendenziell glauben, dass sie im normalen Unterricht weniger gelernt hätten als in der Lernumgebung, halten die Hauptschüler den herkömmlichen Unterricht in Bezug auf den Lernerfolg für gleichwertig erfolgreich. Diese unterschiedliche Einschätzung der Gruppen ist als einzige signifikant ($p = 0,012$) zu benennen.

Insgesamt gefällt die Lernumgebung beiden Probandengruppen gut bis sehr gut. Die Auswahlmöglichkeiten in der Lernumgebung werden von beiden Gruppen in der Tendenz als leicht bewältigbar angegeben, wobei sich die Hauptschüler zumindest teilweise geringfügig und nicht signifikant abgrenzbar mehr Instruktionen innerhalb der Lernumgebung gewünscht hätten. Tabelle 7.5.3 zeigt die Ergebnisse als Übersicht.

Tabelle 7.5.3 Einschätzungen zur Lernumgebung

<i>Item</i>	<i>Gruppe</i>	<i>N</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>SD</i>
Lernerfolg	Gy	22	2,68	0,71
	HS	15	2,93	0,88
Lernerfolg im Vergleich zum herkömmlichen Unterricht	Gy	22	1,59	0,66
	HS	15	2,13	0,51
Attraktivität der Lernum- gebung?	Gy	22	2,45	0,67
	HS	15	2,46	0,63
Schwierigkeit der Themen-/ Medienauswahl in der LU	Gy	22	3,63	0,85
	HS	14	3,78	1,12
Anzahl der Instruktionen in der LU	Gy	22	2,04	0,21
	HS	14	2,42	0,64

Wertzuordnungen:

- Lernerfolg: 0 = ohne, 1 = wenig, 2 = mittelmäßig viel, 3 = viel, 4 = sehr viel
- Lernerfolg im Vergleich: 1 = weniger als im herkömmlichen Unterricht, 2 = gleich viel, 3 = mehr als im herkömmlichen Unterricht
- Attraktivität der Lernumgebung: 0= gar nicht, 1= weniger gut, 2= gut, 3= sehr gut
- Schwierigkeit der Themen-/Medienauswahl: 1= sehr schwer, 2= schwer, 3 = weder leicht noch schwer, 4 = leicht, 5 = sehr leicht
- Anzahl der Instruktionen: 1 = weniger Instruktionen wären besser, 2 = Instruktionen sind genau richtig, 3 = mehr Instruktionen wären besser

7.6 Ergebnisse auf Individualebene

Durch die unterschiedlichen Messinstrumente konnten vielfältige, individuelle Daten eines jeden einzelnen Schülers erhoben werden. Aus verschiedenen Gründen sind jedoch nicht für alle Probanden die ganzen Datensätze vollständig vorhanden.²⁸

Um die Übersichtlichkeit der erhobenen Daten und ihrer Auswertung zu bewahren, werden diese im Folgenden überwiegend exemplarisch vorgestellt.

7.6.1 Mediale und inhaltsbezogene Nutzungsschemata der Lerner

Durch die Transkription der Screencasts werden die Lernentscheidungen in der Lernumgebung in einer chronologischen Matrix (Nutzungsschema) dokumentiert, Abbildung 7.6.1 zeigt eine solche Matrix, exemplarisch bezogen auf eine Zeitspanne von 30 Minuten. Die Entscheidungen bezüglich der Medienformate (Text= Text, Exp= Experiment, Film= Film, Anim.= Animation, Aufg.= Aufgabenstellung, Spiel und Quiz) bilden die primäre Sortierebene. Die unterschiedlichen Inhalte (Themenfelder) die von den Probanden ausgewählt wurden, sind farblich gekennzeichnet (die Farbuordnungen sind in den Abbildungen angegeben).

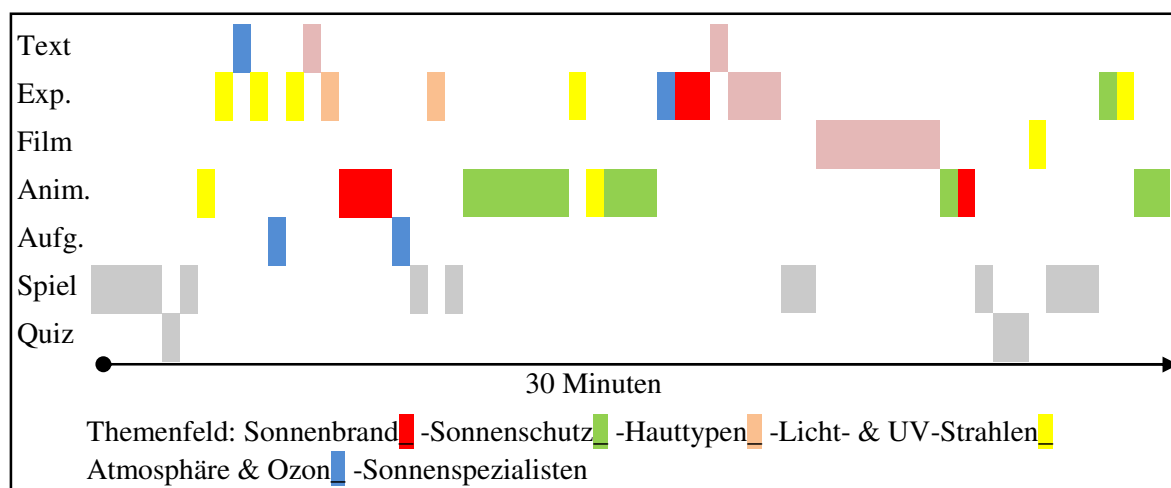


Abbildung 7.6.1 Nutzungsschema im zeitlichen Verlauf

Dabei ist zu berücksichtigen, dass mit Hilfe der Videodaten die Zeiten, in denen ein Lerner nicht am Computerprogramm bzw. der Experimentierbox arbeitet, herausgefiltert sind. In diesen Zeiten beschäftigen sich die Lerner z.B. mit dem Lerntagebuch oder mit anderen Mitschülern. Auch an den Screencastdaten lässt sich teilweise die aktive Zeit am Bildschirm gut erkennen, da z.B. auch die Mousebewegungen aufgezeichnet sind und viele Probanden beim Lesen/Betrachten der Informationen die Mouse mit bewegen.

²⁸ Eine Ursache von unvollständigen Datensätzen sind technische Probleme, die vor allem die Speicherung des Schülervorgehens an den Computern betrifft und hier zu Datenverlusten geführt hat. Desweiteren sind eine Reihe von Daten der Probanden nicht verwertbar oder nicht vorhanden, wenn z.B. die Fragebögen nicht korrekt ausgefüllt wurden oder Schüler zum Nachtest nicht erschienen sind.

Allerdings gibt erst der Vergleich mit den Videodaten gesicherte Erkenntnisse, ob sich der Proband wirklich mit der Lernumgebung auseinandersetzt.

7.6.2 Typisierungen der Medien- und Inhaltsnutzung

Die Pilotstudie zur Teilchenbewegung konnte zeigen, dass es verschiedene Typen hinsichtlich der Medien- und Inhaltswahl gibt. Mit Hilfe der Auflistung der Inhalts- und Medienwahl, wie im vorhergehenden Abschnitt beschrieben, konnten in Bezug auf die Medienorientierung bzw. Strukturiertheit der Inhaltswahl folgende Typisierungen vorgenommen werden.

Medienorientierung

Bei der Medienorientierung ergeben sich fünf Typen, die sich wie folgt definieren (Tabelle 7.6.1):

Tabelle 7.6.1 Typen der Medienorientierung

Typ	definiert sich durch (Häufigkeit der Aufrufe, Nutzungszeit)
Text orientiert	überwiegende Nutzung von Textformaten, zeitlicher Nutzungsanteil > 50%
Film- & Experiment orientiert	überwiegende Nutzung von Film und/oder Experiment, zeitlicher Nutzungsanteil zusammen > 50%
ausgeglichen	ausgeglichene Nutzung vieler Medienformate, keine eindeutige Präferenz
Bewegtbild orientiert	überwiegende Nutzung von Animationen, Film und Spiel, zeitlicher Nutzungsanteil zusammen > 50%
Spiel orientiert	(fast) ausschließlich Spielnutzung, zeitlicher Nutzungsanteil > 80 %

Die Anteile der Nutzungstypen ergeben für beide Schulformen zusammen genommen, eine deutliche Bevorzugung der Bewegtbildorientierung, gefolgt von der Film- & Experimentorientierung. Eine überwiegende Spielnutzung kommt kaum vor, wie Tabelle 7.6.2 zeigt.

Tabelle 7.6.2 Verteilung der Medienorientierung

Typ	Anteil [%], $N = 20^{29}$
Text orientiert	15
Film- & Experiment orientiert	20
Ausgeglichen	15
Bewegtbild orientiert	45
Spiel orientiert	5

²⁹ Für nur insgesamt 20 Probanden stehen vollständige Screencast- und Videodaten zur Verfügung.

Ergänzende Ergebnisse aus der webbasierten Lernumgebung

In einer webbasierten Version der Lernumgebung SunExplorer (Warbruck 2008, Warbruck & Stachelscheid 2008) sind ebenfalls die genutzten Medienformate und ihre Nutzungszeit erfasst worden. Auch hier konnten ähnliche Medienorientierungen wie in der vorliegenden Hauptuntersuchung identifiziert werden, wie Tabelle 7.6.3 zeigt. Eine Spielorientierung gibt es hier nicht, da kein Spiel in der Lernumgebung integriert ist. Die Zuordnung der Probanden in eine entsprechende Medienorientierung erfolgte, wenn die entsprechende Medienorientierung mehr als 50% der erfassten Gesamtzeit der aufgerufenen Medienformate beträgt. Den größten Anteil stellt die Bewegtbildorientierung, gefolgt von der Film-/ Experimentorientierung dar. Sowohl die Textorientierung als auch eine ausgeglichene Mediennutzung kommen deutlich seltener vor.

Tabelle 7.6.3 Medienorientierungen (webbasierte Version, Warbruck 2008)

<i>Typ</i>	<i>Anteil [%] mit N = 52</i>
Text orientiert	17
Film- & Experiment orientiert	31
Ausgeglichene	17
Bewegtbild orientiert	35

Strukturiertheit

Unter Strukturiertheit wird verstanden, inwieweit sich die Lerner auf einen Inhalt konzentrieren oder ob sie häufig zwischen Inhalten oder aber auch Medienformaten „springen“. Die Tabelle 7.6.4 führt die Abgrenzungen zwischen einer hohen, ausgeglichenen und geringen Strukturiertheit auf.

Tabelle 7.6.4 Typen der Strukturiertheit-Inhaltswahl

<i>Typ</i>	<i>definiert sich durch</i>
hohe Strukturierung	maximal 1-2 Inhaltsbereiche, wenige Wechsel zwischen Inhalten und Medienformaten, i.d.R. immer angemessener Zeitaufwand für das gewählte Medienformat (≥ 2 Minuten)
ausgeglichene Strukturierung	maximal 3-4 Inhaltsbereiche, wenige Wechsel zwischen Inhalten und Medienformaten, angemessener Zeitaufwand für die gewählte Modalform, jedoch auch einige kurze Aufrufe von Inhalten oder Medienformaten (< 1 Minute)
geringe Strukturierung	mehr als 4 Inhaltsbereiche, viele Wechsel zwischen Inhalten und Medienformaten, oft sehr kurze Verweildauer bei einem Inhalt bzw. Medienformat (< 1 Minute)

Die Verteilung der drei Typen bei der Strukturierung liegen nahe beieinander, nur eine hohe Strukturierung ist etwas weniger vertreten als die anderen beiden Typen (Tabelle 7.6.5).

Tabelle 7.6.5 Typen der Strukturiertheit-Inhaltswahl

Typ	Anteil [%] mit N = 20
hohe Strukturierung	30
ausgeglichene Strukturierung	35
geringe Strukturierung	35

Um die Zuordnung der Typen anhand der Nutzungsschemata nochmals zu verdeutlichen, ist in der folgenden Abbildung 7.6.2 ein charakteristischer Verläufe und dessen Zuordnung zur Medienorientierung dargestellt. Hier dominiert kein Medienformat, sowohl das Experiment als auch Spiel und Animation werden ähnlich intensiv genutzt, sodass es sich hier um eine ausgeglichene Medienorientierung handelt. Entsprechend verhält es sich bei der Strukturiertheit der Inhaltswahl, sodass auch hier ein ausgeglichener Typ vorliegt.

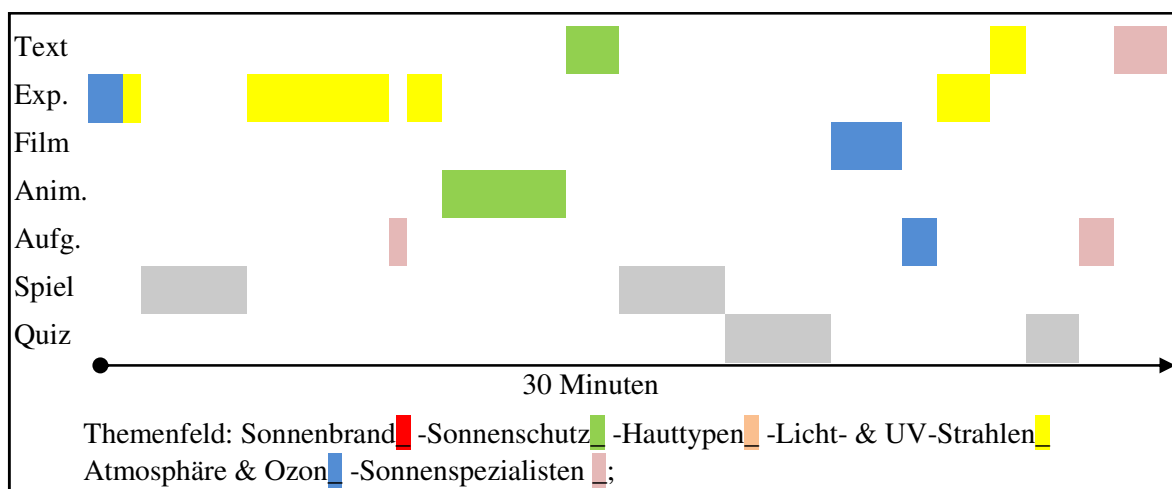


Abbildung 7.6.2 Medienorientierung und Strukturiertheit: ausgeglichen

7.6.3 Konstruktion von Lernprofilen

Ausgehend von den Typisierungen der Medienorientierung und Strukturiertheit eines Lernalers sollen diese nun mit weiteren individuellen Eigenschaften des Lernalers sowie seinem Lernerfolg nebeneinander gestellt werden. Wie in Kapitel 2.2 beschrieben ist, gibt es verschiedene Bedingungsfaktoren, die einen Einfluss auf das Lernen haben. Für die Konstruktion individueller Lernprofile scheint es daher sinnvoll zu sein, diejenigen Bedingungsfaktoren mit einzubeziehen, die den Rahmen für das individuelle Lernpotential eines Lernalers abstecken (Helmke 2009, S.31). In diesem Sinn sind folgende Faktoren als wichtige Prädiktoren für das Lernen gut belegt:

- kognitive Fähigkeiten
- Vorwissen
- Fähigkeitsselbstkonzept

Die von den Testinstrumenten gelieferten Ergebnisse zu den oben genannten Lernfaktoren lassen sich bestimmten Kategorien zuordnen, die im Folgenden für das jeweilige Testinstrument dargestellt sind.

Kognitive Fähigkeiten

In dieser Arbeit sind die kognitiven Fähigkeiten mit dem Messinstrument CFT-20 als IQ-Werte erhoben worden. Diese Werte sind anschließend für jeden Probanden einer der folgenden vier Kategorien zugeordnet worden, wie Tabelle 7.6.6 zeigt:

Tabelle 7.6.6 Kategorien - kognitiven Fähigkeiten

<i>IQ-Werte (CFT-20)</i>	<i>Kategoriale Zuordnung</i>
$\dots \geq 130$	hochbegabt
$115 \leq \dots \leq 129$	überdurchschnittlich
$85 \leq \dots \leq 114$	durchschnittlich
$\dots \leq 84$	unterdurchschnittlich

Vorwissen

Das Vorwissen wurde anhand des beschriebenen Wissenstests ermittelt. Die individuellen Ergebnisse sind daraufhin in fünf Kategorien eingeordnet worden, wie in Tabelle 7.6.7 zu sehen ist. Bei einem Lernerfolg, der über einen SD Betrag über dem gruppenspezifischen Mittel liegt, wird diesem Wert ein überdurchschnittliches Vorwissen zugeordnet. Liegt der erreichte Wert des Probanden über dem zweifachen Betrag der SD, so gilt dessen Vorwissen als deutlich überdurchschnittlich. Bei Abweichungen unterhalb des Mittelwertes gilt entsprechendes.

Tabelle 7.6.7 Kategorisierung des Vorwissens

<i>Pretest Abweichung vom Mittelwert der Gruppe</i>	<i>Kategoriale Zuordnung</i>
$\dots \geq 2\text{fache SD}$	deutlich überdurchschnittlich
$1\text{fache SD} \leq \dots < 2\text{fache SD}$	überdurchschnittlich
Mittelwert \pm SD	durchschnittlich
$1\text{fache SD} \geq \dots > 2\text{fache SD}$	unterdurchschnittlich
$\dots \leq 2\text{fache SD}$	deutlich unterdurchschnittlich

SD = Standardabweichung

Fähigkeitsselbstkonzept

Wie ebenfalls schon in Kapitel 2.3 ausgeführt ist, besteht ein enger Zusammenhang zwischen Lernleistungen und dem Fähigkeitsselbstkonzept einer Person. In dieser Untersuchung wurde ein auf schulische Leistungen bezogenes Messinstrument (SESSKO) verwendet, welches vier Skalen bietet, die jeweils eine andere Bezugsnorm besitzen. Für den Umgang mit den Lernumgebungen dieser Untersuchung erscheint die soziale Skala weniger relevant zu sein, da Situationen, in denen sich die Probanden miteinander vergleichen, nicht vorhanden sein sollten. Die Skala „absolut“ enthält keine Vergleichsreferenz und spielt damit ebenfalls eine untergeordnete Rolle. Die Skala „individuell“ misst die Fähigkeitseinschätzung über einen temporalen Vergleich. Diese Selbsteinschätzung tritt vielleicht häufig im Alltag auf. Da aber das Lernarrangement dieser Arbeit den Probanden bisher eher selten zur Verfügung stand, kann angenommen werden, dass hier in Bezug auf die Lernumgebung kaum eine temporale Vergleichsmöglichkeit vorliegt. Für diese Arbeit stellt bei der Konstruktion von Lernprofilen die „kriteriale“ Skala die bedeutendste Selbsteinschätzung der Fähigkeiten eines Probanden dar, weil hier als Bezugsnorm die schulischen Anforderungen im Fokus stehen. Durch Items, in denen der Proband einschätzt, ob ihm „das Lernen von Sachen in der Schule ...schwer/leicht fällt“, gibt diese Skala einen Hinweis auf die allgemeine Verhaltensdisposition des Probanden gegenüber der Lernsituation. Das könnte bedeuten, dass Probanden mit einem überdurchschnittlichen „kriterialen“ schulischen Selbstkonzept offensiver und explorativer an die Lernumgebung herantreten. Probanden mit einer unterdurchschnittlichen Selbsteinschätzung könnten sich dagegen mit der Lernumgebung überfordert fühlen.

Die ermittelten T-Werte aus den Testergebnissen wurden entsprechend dem Testmanual in deutlich überdurchschnittlich, leicht überdurchschnittlich, durchschnittlich, leicht unterdurchschnittlich und deutlich unterdurchschnittlich zugeordnet.

Lernerfolg

Schließlich wurde der Lernerfolg als Differenz der Ergebnisse aus dem Pretest (Vorwissen) und dem Posttest ermittelt. Dabei wurde für diese Untersuchung festgelegt, dass ab einer im Posttest um 5 Prozent gestiegene Lösungsleistung gegenüber dem Pretest als Lernerfolg gewertet wird. Davon ausgehend wurden die Ergebnisse zum Lernerfolg in folgende Kategorien eingeteilt (Tabelle 7.6.8):

Tabelle 7.6.8 Kategorisierung des Lernerfolgs

<i>veränderte Lösungsleistung im Posttest</i>	<i>kategoriale Zuordnung Lernerfolg</i>
$\dots \geq +20\%$	hoch
$+5\% \leq \dots < +20\%$	gering
$-5\% \leq \dots < +5\%$	kein
$\dots < -5\%$	negativ

Die Vorzeichen der prozentualen Angaben zur veränderten Lösungsleistung der Probanden kennzeichnen den Lernerfolg.

Darstellung der Lernprofile

Die zuvor beschriebenen Faktoren und deren Kategorien werden in der Tabelle 7.6.9 zusammengeführt. Für die bessere Übersichtlichkeit werden bei der Darstellung von Lernprofilen bestimmte Faktoren als Blöcke zusammengestellt, wobei an erster Stelle der Block steht, der sich aus den Prozessdaten ergibt. Im ersten Block stehen die Medienorientierung und die Strukturiertheit der Inhaltswahlen, da sich diese aus dem Umgang der Probanden mit der Lernumgebung ergeben und konative Determinanten des Lernens darstellen. Im zweiten Block stehen die Eingangsvoraussetzungen kognitive Fähigkeiten, Selbstkonzept und Vorwissen. Im dritten Block steht der Lernerfolg als Produkt des Lernprozesses und der Lernereigenschaften, was allein aus chronologischer Betrachtung sinnvoll erscheint. Prinzipiell ließe sich die Reihenfolge der Lernprofilfaktoren natürlich vertauschen.

Die Anordnung der Kategorien in den Lernprofilfaktoren der einzelnen Blöcke ist aufgrund der unterschiedlichen Anzahl unterschiedlich. Die Basis bildet bei allen Faktoren die Kategorie *ausgeglichen* oder *durchschnittlich* bzw. beim Lernerfolg die Kategorie *kein Lernerfolg*. Während bei der Medienorientierung die vier Typen in ihrer tabellarischen Anordnung willkürlich, d.h. ohne wertende Intention, festgelegt wurden, orientiert sich diese bei den anderen Faktoren an der Wertigkeit der Kategorie. Beispielsweise gibt es bei der Strukturiertheit drei Typen, die mit hoch über ausgeglichen hinunter zu niedrig angeordnet sind. Entsprechend ist die Anordnung der Typisierungen bei den kognitiven Fähigkeiten (vier Typen) und beim Fähigkeitsselbstkonzept (fünf Typen), deren Kategorien sich aus den jeweiligen Testmanualen ergeben. In Anlehnung an die Typisierung des Fähigkeitsselbstkonzepts wurden fünf Typen hinsichtlich des Vorwissens gebildet. Beim Lernerfolg ergeben sich, wie bei den kognitiven Fähigkeiten, vier Typen, da eine Differenzierung des negativen Lernerfolgs keinen Sinn macht, ebenso wenig wie eine starke Unterscheidung von unterdurchschnittlich bei den kognitiven Fähigkeiten.

Tabelle 7.6.9 Kategorien der Lernprofilfaktoren

<i>Medien-orientierung</i>	<i>Strukturiertheit Inhaltswahl</i>	<i>kognitive Fähigkeiten</i>	<i>Fähigkeits- selbstkonzept</i>	<i>Vorwissen</i>	<i>Lernerfolg</i>
Text	Hoch	hochbegabt	deutlich über- durchschnittlich	deutlich über- durchschnittlich	hoch
Film-/ Experiment		über- durchschnittlich	leicht über- durchschnittlich	leicht über- durchschnittlich	gering
ausgeglichen	Ausgeglichen	durchschnittlich	durchschnittlich	durchschnittlich	kein
Bewegtbild	Niedrig	unter- durchschnittlich	leicht unter- durchschnittlich	leicht unter- durchschnittlich	negativ
Spiel			deutlich unter- durchschnittlich	deutlich unter- durchschnittlich	

Im nächsten Schritt werden die einzelnen kategorialen Zuordnungen als Lernprofil miteinander verbunden, um zu verdeutlichen, dass diese Faktoren zusammenhängende Eigenschaftsmerkmale eines Lernalters sind. Zusätzlich wird eine Trendlinie³⁰ erstellt, wobei zu berücksichtigen ist, dass die tatsächlichen Relationen des Zusammenwirkens der einzelnen Lernprofilfaktoren nicht bestimmbar sind. Bei der Trendlinie ist zu bedenken, dass diese bei einer anderen Anordnung der „Blöcke“ bzw. Kategorien der Faktoren einen anderen Verlauf annehmen würden, d.h. die Trendlinien beziehen sich immer auf das Schema der Tabelle 7.6.9.

³⁰ Berechnet als Trendlinie für Polynome 2. Grades in MS Excel; Diese Trendlinien ergeben sich nur aus der hier konkret vorgenommenen Anordnung der Lernprofilfaktoren.

7.6.4 Tendenzen individueller Lernprofile im Vergleich

Die im folgenden Abschnitt dargestellten Lernprofile, lassen sich anhand der Trendlinien charakterisieren. Es gibt zwei gegensätzliche Trendlinienverläufe³¹. Beim ersten Typ ist die Trendlinie nach oben geöffnet, da die Medienorientierung Text- oder Film/Experiment orientiert ist, das Selbstkonzept eher unterdurchschnittlich ist und ein Lernerfolg vorliegt. Eine nach unten geöffnete Trendlinie ergibt sich bei Probanden mit Bewegtbildorientierung, eher hohem Selbstkonzept und ausbleibendem Lernerfolg. Zudem treten zwei atypische Trendlinien auf, die sich nicht charakterisieren lassen. In Tabelle 7.6.10 ist zu sehen, dass die meisten Trendlinien einem der beiden typischen Verläufe zuzuordnen sind (jeweils 6 Lernprofile).

Tabelle 7.6.10 Verteilung der Trendlinientypen

<i>Trendlinien-Typ</i>	<i>Anzahl [N= 14³²]</i>
nach oben geöffnet	6
nach unten geöffnet	6
atypischer Verlauf	2

Typische Lernprofilverläufe, sowie eine ausführliche Darstellung individueller Testdaten erfolgt nun exemplarisch an ausgewählten Beispielen (je ein Trendlinientyp) im nun folgenden Kapitel.

7.6.5 Individuelle Lernprofile

Die Lernprofile und ihre Trendlinien ergeben zwar eine charakteristische Darstellung von Lernprozessdaten und Persönlichkeitsmerkmalen eines Individuums, jedoch kann diese noch wesentlich differenzierter erfolgen. Daher werden in diesem Kapitel exemplarisch drei ausführliche Lernprofile aufgeführt, um nochmal deutlich zu machen, dass sich bei weiterer Differenzierung der Daten ein komplexeres Bild eines Lerners erstellen lässt und sich interindividuelle Unterschiede betrachten lassen. Hinsichtlich der praxisorientierten Perspektive stellt sich die Frage, wie ausführlich eine Differenzierung erfolgen muss. So sind in den folgenden Beispielen die Ergebnisse zur Schulleistungsmotivation und dem Lerntagebuch mit aufgeführt, die sich jedoch nicht im Lernprofil integrieren lassen. Bei der Schulleistungsmotivation sticht beim Test (SELLMO) keine Bezugsnorm hervor, jedoch würde die Angabe aller Bezugsnormen das Lernprofil als Möglichkeit interindividueller Vergleiche weniger übersichtlich erscheinen lassen. Bei den Lerntagebucheinträgen ist die Quantität und Qualität sehr inhomogen, sodass auch hier keine vergleichbare Kategorisierung für das Lernprofil erfolgen kann.

³¹ Ergänzend wurde trotz der geringen Fallzahl eine Clusteranalyse gerechnet. Auch hier zeichnen sich zwei typische Cluster ab, die die Trendlinientypen widerspiegeln.

³² Die Anzahl beschränkt sich auf N = 14, da sich nicht mehr vollständige Datensätze über alle erhobenen Daten ergeben haben.

Thorsten³³, Gymnasium – 11 Jahre

Computernutzung: mehr als 2mal pro Woche

Thorstens Lernprofil (Abbildung 7.6.3) zeichnet sich im Bereich Medienorientierung durch eine ausgeprägte Nutzung von Filmsequenzen, Animationen und dem Spiel aus. Die Auswahl der Inhalte ist sehr sprunghaft und verbleibt oft oberflächlich und kurz an einem Thema. Die Trendlinie des Profils ist nach unten geöffnet.

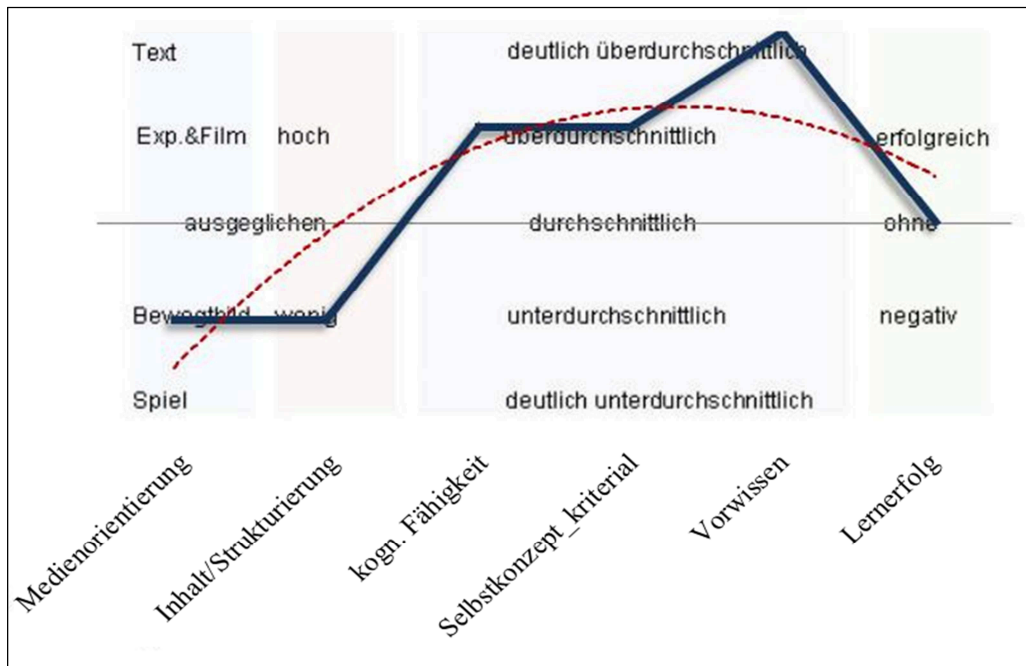


Abbildung 7.6.3 Lernprofil Thorsten; rot-gestrichelte Linie: Trendlinie

Lerntagebucheintragungen

Thorsten hat nur eine minimale Eintragung in sein Lerntagebuch getätigt: eine unbeschriftete Zeichnung und die Angabe, dass die „Sachen mit den Perlen“ ihm gefallen haben. Hier meint er wohl das Experiment mit den UV-Perlen, und auch die Skizze scheint UV-Perlen darzustellen.

Schulisches Selbstkonzept und Lern- und Leistungsmotivation

Der Tabelle 7.6.11 ist deutlich zu entnehmen, dass Thorsten hinsichtlich aller Bezugsnormen über ein überdurchschnittliches Selbstkonzept verfügt. Dagegen ist die Lern- und Leistungsmotivation nur durchschnittlich ausgeprägt.

³³ Alle Namen sind geändert.

Tabelle 7.6.11 Thorstens Ergebnisse SESSKO und SELMO

<i>Schulisches Selbstkonzept (Bezugsnormen)</i>	<i>Klassifizierung</i>
kriterial	überdurchschnittlich
individuell	überdurchschnittlich
sozial	überdurchschnittlich
absolut	überdurchschnittlich
<i>Lern- und Leistungsmotivation (Bezugsnormen)</i>	<i>Klassifizierung</i>
Lernziele	durchschnittlich
Annäherungsziele	durchschnittlich
Vermeidungs-Leistungsziele	durchschnittlich
Arbeitsvermeidung	durchschnittlich

Interesse und Bedeutung, Bewertung der Lernumgebung

Das Interesse am Thema ist bei Thorsten vorhanden, ist aber nicht besonders ausgeprägt, wie die Tabelle 7.6.12 zeigt. Nach der Bearbeitung der Lernumgebung steigert sich für Thorsten Sonnenschutz zu einem sehr wichtigen Thema. Thorsten gibt an, dass er der Meinung ist, viel gelernt zu haben. Das widerspricht dem Ergebnis des Wissenstest, hier zeigt sich kein Lernerfolg. Widersprüchlich ist auch, dass er angibt, dass ihm die Arbeit mit dem Lerntagebuch sehr gut gefiel, obwohl er nur sehr wenige Einträge getätigt hat.

Tabelle 7.6.12 Thorstens Selbsteinschätzungen

<i>Sonnenschutz</i>	<i>Einschätzung Pre-Test</i>	<i>Einschätzung Post-Test</i>
Interesse Sonnenschutz	interessant	interessant
Bedeutung Sonnenschutz	wichtig	sehr wichtig
<i>Lernumgebung</i>	<i>Einschätzung</i>	
Lernerfolg durch die Lernumgebung	viel gelernt	
Lernerfolg durch normalen Unterricht	gleich gut	
Wie gefiel die Lernumgebung?	weder leicht noch schwer	
Schwierigkeit der Auswahl	genau richtig	
Anzahl der Anweisungen	weniger gut	
Wie gefiel die Arbeit mit dem Lerntagebuch?	sehr gut	

Tamara, Gymnasium – 11 Jahre

Computernutzung: mehr als 2 mal pro Woche

Dieses Profil (Abbildung 7.6.4) ist ein Beispiel für einen atypischen Verlauf der Profiltrendlinie. Im Bereich Medienorientierung zeichnet sich dieses Profil durch eine ausgeprägte Nutzung von Film und Experiment aus. Die Auswahl der Inhalte ist ausgeglichen. Jedoch ist kein Lernerfolg zu verzeichnen.

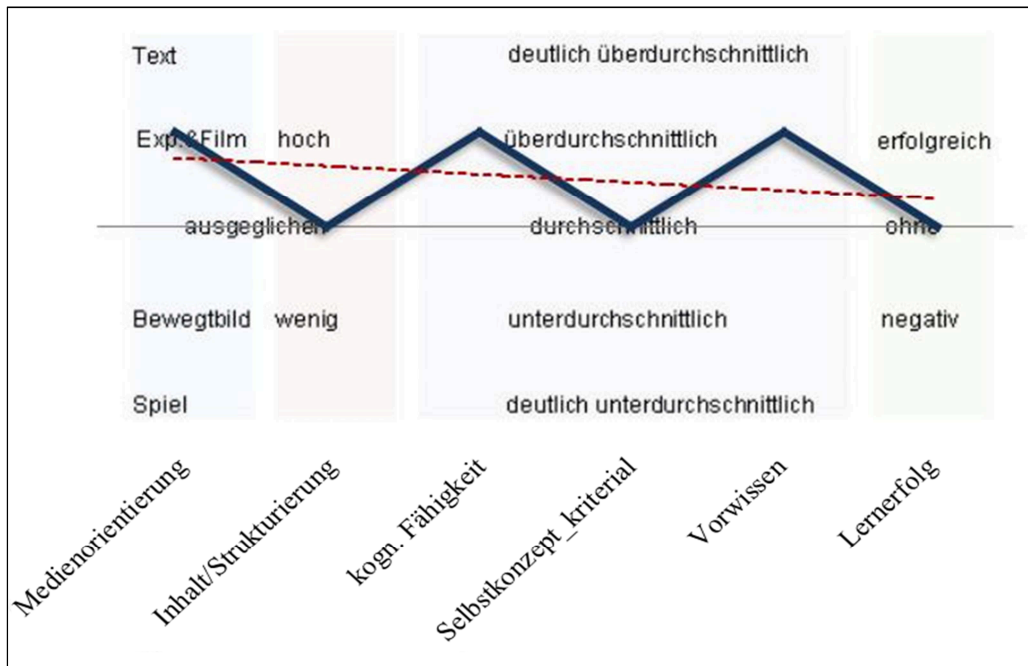


Abbildung 7.6.4 Lernprofil Tamara; rot-gestrichelte Linie: Trendlinie

Lerntagebucheintragungen

Tamara hat mit 4 Seiten im Lerntagebuch relative viele Eintragungen gemacht. Jede Seite ist eine Eintragung zu einem unterschiedlichen Inhalt, aber immer zu einem Experiment:

- Sonnenschutz: Eintragungen zum Experiment mit den UV-Perlen (Zeichnung, Beobachtung und Durchführung),
- Atmosphäre & Ozon: Eintragung zum Experiment zur Wasserdurchlässigkeit von UV-Strahlen (Zeichnung, Beobachtung und Durchführung),
- Sonnenbrand: Eintragung zur Bestimmung des eigenen Hauttyps (Beobachtung und Durchführung),
- Licht & UV-Strahlen: Eintragungen zu den Lichtexperimenten (Zeichnung und Durchführung)

Schulisches Selbstkonzept und Lern- und Leistungsmotivation

Während das Selbstkonzept in den meisten Bezugsnormen leicht überdurchschnittlich ist, zeigt sich die Lern- und Leistungsmotivation durchschnittlich ausgeprägt (siehe Tabelle 7.6.13).

Tabelle 7.6.13 Tamaras Ergebnisse SESSKO und SELLMO

<i>Schulisches Selbstkonzept (Bezugsnormen)</i>	<i>Klassifizierung</i>
kriterial	leicht überdurchschnittlich
individuell	leicht unterdurchschnittlich
sozial	leicht überdurchschnittlich
absolut	durchschnittlich
<i>Lern- und Leistungsmotivation (Bezugsnormen)</i>	
Lernziele	durchschnittlich
Annäherungsziele	durchschnittlich
Vermeidungs-Leistungsziele	durchschnittlich
Arbeitsvermeidung	unterdurchschnittlich

Interesse und Bedeutung, Bewertung der Lernumgebung

Das Interesse am Thema ist bei Tamara vorhanden (siehe Tabelle 7.6.14), die Bedeutung von Sonnenschutz wird aber noch höher eingeschätzt. Auch Tamara gibt an, dass sie der Meinung ist, viel gelernt zu haben. Wie auch bei Thorsten widerspricht das dem Ergebnis im Wissenstest, demnach kein Lernerfolg feststellbar ist.

Tabelle 7.6.14 Tamaras Selbsteinschätzungen

<i>Sonnenschutz</i>	<i>Einschätzung Pre-Test</i>	<i>Einschätzung Post-Test</i>
Interesse Sonnenschutz	sehr interessant	interessant
Bedeutung Sonnenschutz	sehr wichtig	sehr wichtig
<i>Lernumgebung</i>	<i>Einschätzung</i>	
Lernerfolg durch die Lernumgebung	viel gelernt	
Lernerfolg durch normalen Unterricht	gleich viel	
Wie gefiel die Lernumgebung?	sehr gut	
Schwierigkeit der Auswahl	leicht	
Anzahl der Anweisungen	genau richtig	
Wie gefiel die Arbeit mit dem Lerntagebuch?	gut	

Tina, Gymnasium – 10 Jahre

Computernutzung: mehr als 2mal pro Woche

Tinas Lernprofil (Abbildung 7.6.5) zeichnet sich im Bereich Medienorientierung durch eine überwiegende Nutzung von Filmsequenzen und realen Experimenten aus. Damit verbunden ist eine ausgeglichene Struktur in der Auswahl der Inhalts, die nicht oberflächlich und mit angemessenem Zeiteinsatz bearbeitet werden. Die Einträge im Lerntagebuch von Tina verdeutlichen diese Einordnungen, es gibt drei Einträge zu den Themen Sonnenbrand, Hauttypen und Licht- & UV-Strahlen. Die Profiltrendlinie ist nach oben geöffnet und stellt damit ein Beispiel für diesen Trendlinientyp dar.

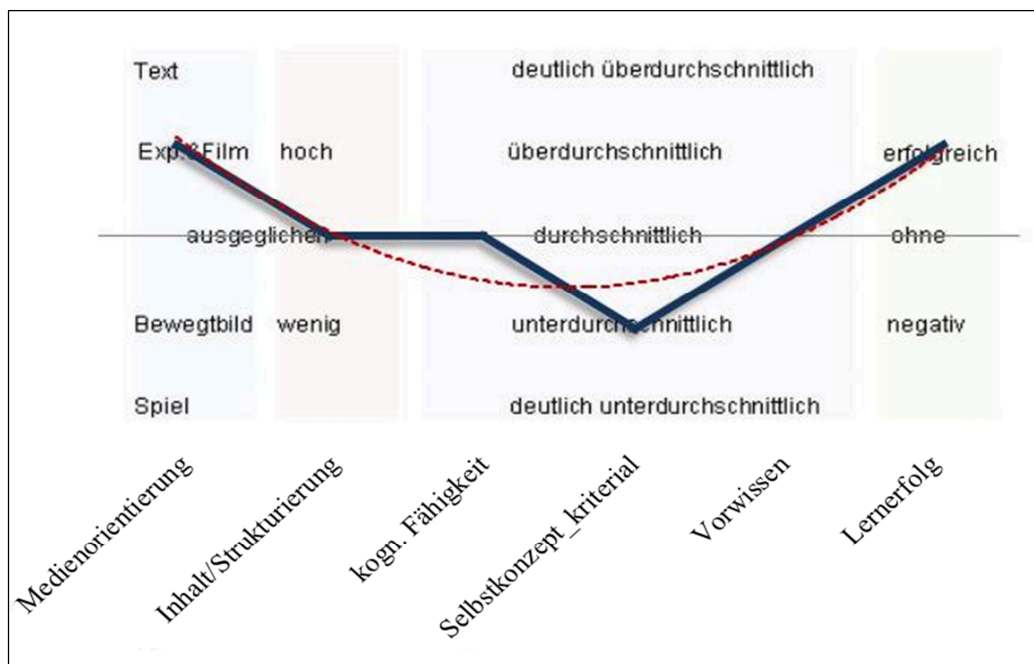


Abbildung 7.6.5 Lernprofil Tina; rot-gestrichelte Linie: Trendlinie

Lerntagebucheintragen

Zum Inhalt Sonnenbrand schreibt Tina, dass sie sich hier den Film und die Animation angesehen hat. Auf die Frage: Was hat dir gefallen, was hat dir nicht gefallen? Hält sie unter anderem fest: „Die Folgen von Sonnenbrand haben mir nicht gefallen.“

Zum Inhalt Hauttypen hat sie eine kleine Skizze von Mädchen mit hellem und dunklem Hauttyp angefertigt, ein Kommentar zur Skizze fehlt. Zudem gibt sie an, dass sie ihren Hauttyp bestimmt hat, dieser wurde aber nicht schriftlich fixiert.

Zu Licht- & UV-Strahlen hat Tina die Lichtexperimente im Lerntagebuch angegeben und ihre Beobachtungen beim Experiment mit der CD – „Regenbogenfarben“ – und dem Monitor dargestellt: „Ein weißer Punkt auf dem Monitor hat die Farben: rot/blau/grün.“ Zudem hat sie sich zu diesem Inhaltsbereich noch den Film angeschaut.

Anhand der Screencast- und Videodaten lassen sich diese Eintragungen bestätigen.

Schulisches Selbstkonzept und Lern- und Leistungsmotivation

In der folgenden Aufstellung (Tabelle 7.6.15) sind alle Ergebnisse zum Fähigkeitsselbstkonzept und zur Leistungsmotivation aufgeführt.

Tabelle 7.6.15 Tinas Ergebnisse SESSKO und SELMO

<i>Schulisches Selbstkonzept (Bezugsnormen)</i>	<i>Klassifizierung</i>
kriterial	leicht unterdurchschnittlich
individuell	leicht unterdurchschnittlich
sozial	durchschnittlich
absolut	leicht unterdurchschnittlich
<i>Lern- und Leistungsmotivation (Bezugsnormen)</i>	<i>Klassifizierung</i>
Lernziele	unterdurchschnittlich
Annäherungsziele	unterdurchschnittlich
Vermeidungs-Leistungsziele	durchschnittlich
Arbeitsvermeidung	durchschnittlich

Wie zu sehen ist, besitzt Tina insgesamt ein leicht unterdurchschnittliches Selbstkonzept. Aber auch die Lern- und Leistungsmotivation ist durchschnittlich bis unterdurchschnittlich ausgeprägt.

Interesse und Bedeutung, Bewertung der Lernumgebung

Das Interesse am Thema als auch die Bedeutung von Sonnenschutz wird von Tina sehr hoch eingeschätzt (siehe Tabelle 7.6.16). Ob das etwas geringere Interesse im Post-Test auf die Bearbeitung der Lernumgebung zurückzuführen ist oder andere Gründe hat, lässt sich anhand der erhobenen Daten nicht feststellen. Bei der Bewertung der Lernumgebung zeigt sich, dass Tina davon ausgeht, viel gelernt zu haben, was durch den Wissenstest bestätigt wird (siehe Lernerfolg im Profil). Auch die weiteren Einschätzungen zur Lernumgebung in Tabelle 7.6.10 zeigen, dass Tina das Arbeiten mit dieser Lernumgebung als eine positive Lernerfahrung bewertet.

Tabelle 7.6.16 Tinas Selbsteinschätzungen

<i>Sonnenschutz</i>	<i>Einschätzung Pre-Test</i>	<i>Einschätzung Post-Test</i>
Interesse Sonnenschutz	sehr interessant	interessant
Bedeutung Sonnenschutz	sehr wichtig	sehr wichtig
<i>Lernumgebung</i>	<i>Einschätzung</i>	
Lernerfolg durch die Lernumgebung	viel gelernt	
Lernerfolg durch normalen Unterricht	weniger	
Wie gefiel die Lernumgebung?	sehr gut	
Schwierigkeit der Auswahl	weder leicht noch schwer	

Anzahl der Anweisungen	genau richtig
Wie gefiel die Arbeit mit dem Lerntagebuch?	gut

Im folgenden Abschnitt wird exemplarisch am Beispiel von Tina der inhaltliche Vergleich von Lernerfolg und den Lerntagebucheinträgen vorgestellt.

7.6.6 Exemplarischer Vergleich von Lernerfolg und Lerntagebuch

Am Beispiel von Tina werden in diesem Kapitel, die Lerntagebucheinträge bezogen auf den Inhalt und das Medienformat differenzierter auf fachliche Korrektheit und Qualität der Eintragung betrachtet. Bei der fachlichen Bewertung wird der Inhalt entweder als fachlich voll korrekt, teilweise korrekt oder falsch eingeordnet. Für die Qualität der Einträge erfolgt eine Einschätzung, mit welcher Art Lernleistung die Eintragungen verbunden sind: reproduktiv, beobachtend, erläuternd, schlussfolgernd, weiterführende Ideen (Transfer).³⁴

Die Tabelle 7.6.17 zeigt die Lerntagebucheinträge von Tina. Es fällt auf, dass die Einträge unterschiedlichen Qualitäten zuzuordnen sind. So gibt es sowohl reproduktive Einträge, als auch Beobachtungen, Erläuterungen und Selbstreflektionen. Nur weiterführende Ideen werden nicht angegeben. Der Anteil inhaltlich falscher Einträge im Lerntagebuch ist in diesem Beispiel sehr gering.

Nach der Tabelle zu den Lerntagebucheinträgen sind die Antworten aus dem Wissenstest als Pre/Post-Gegenüberstellung in Tabelle 7.6.18 dargestellt (nur die im Posttest veränderten Antworten). Insgesamt zeigt die Probandin beim Wissenstest eine Leistungssteigerung (siehe auch Proband Nr. 16 in Kapitel 7.5, Abbildung 7.5.1).

³⁴ Die Einschätzung der Lernleistung orientiert sich an den üblichen Anforderungsbereichen in der Schule.

Tabelle 7.6.17 Lerntagebucheinträge Tina³⁵

Inhalt (Themen- bereich)	Modalbezug	Reproduktion [R] Beobachtung [B] (weiterführende) Erläuterung [E] Schlussfolgerung/ Selbstreflektion [S] (weiterführende) Idee [I]	Korrektheit voll [v] teilweise [t] falsch [f]
	Film [F] Text [T] Animation [A] Experiment [E]		
Licht & UV-Strahlen Wie entsteht ein künstlicher Regenbogen?	[T]	[R]: Zeichnung, Beschreibung [S]: „vorher wusste ich nicht wie ein Regenbogen entsteht“	[R],[S]:[v]
Hauttypen Sonnenbrand/ Hauttyp	[F]	[R],[E]: Zeichnung + Erläuterung [S]: „Ich weis jetzt, dass ich mich bei tsarker Sonne mit Sonnencreame eincreamen muss.“ „...dass ich jetzt weis was man machen muss wenn man ein Typ mit heller oder dunkler Haut ist.“	[R],[E],[S]: v
Atmosphäre & Ozon UV-Perlen in/außerhalb von Wasser	[E]	[R]: Zeichnung vom Aufbau, unkommentiert [B]: gleichschnelle verfärbung [S]: „Also heißt es, dass man wenn man ins Wasser geht sich auch wie an Land einkreamen muss.“	[R],[B],[S]: v
Sonnenschutz Experiment zum LF von Sonnencreme	[E]	[S]: „Bei dem Experiment hat man gesehen, dass wenn die Sonne scheint sich besser mit 20 oder 30 Sonnencream eincreamen muss. Aber wenn die Sonne nicht so viel scheint brauch man es nicht.“	[S]:v
Licht & UV-Strahlen Farbigkeit einer Tomate	[T]	[R]: „Das rote {Licht} reflektiert in unseren Augen und wir denken sie ist rot.“ [S]: „Ich weiß jetzt auch das wenn draußen sich blau, grün, gelb und rot zusammen mischt und alles ein weißer Fleck ist.“	[R],[S]:t
Spiel		„Mit Sonnenbrille, Kappe, Badehose und Sonnencream manchmal auch T-shirt. Jetzt noch in den Schatten und kein Sonnenbrand.“	[S]:t

³⁵ Die Rechtschreibung in den Zitaten wurde nicht korrigiert.

Tabelle 7.6.18 Pre-/Posttestvergleich Tina

Pretest	Posttest
Stell dir vor, du darfst ... (Inselfrage)	
Hier im Wasser, weil „es kühl und erfrischen ist.“	Hier im Wasser, weil „es auch gegen Sonne schützt.“
Was trägst du die überwiegende Zeit?	
<ul style="list-style-type: none"> - „T-shirt“ - „Badezeug“ - „Sandalen“ 	<ul style="list-style-type: none"> - „T-hirt“ - „Badezeug“ - „Kappe oder Hut“ - „Sonnencreme“
Woher kommen folgende Strahlen?	
<ul style="list-style-type: none"> - UV-Strahlung: „von der Sonne“ - IR-Strahlung: „weiß ich nicht“ 	<ul style="list-style-type: none"> - UV-Strahlung: „von einem technischen Gerät“ - IR-Strahlung: „von der Sonne“
Was bewirkt die Ozonschicht?	
<ul style="list-style-type: none"> - „sie schützt vor der UV-Strahlung“ - „durch sie wird der Himmel blau“ - 	<ul style="list-style-type: none"> - „sie schützt vor der UV-Strahlung“
Was passiert, wenn ein Mensch sich längere Zeit in der Sonne aufhält?	
<ul style="list-style-type: none"> - „er bekommt einen Sonnenbrand“ - „er kann Hautkrebs bekommen“ 	<ul style="list-style-type: none"> - „er wird schön braun“ - „er bekommt einen Sonnenstich“ - „er bekommt einen Sonnenbrand“ - „er kann Hautkrebs bekommen“
Warum bekommen manche Menschen schnell einen Sonnenbrand?	
„Manche Menschen die dunkel braun sind bekommen weniger Sonnenbrand. Aber helle bekommen schneller einen. Auser sie schmieren sich mit Sonenncream ein.“	„Menschen die in heißen Ländern Leben ziehen sich immer viel an (aber was luftiges) oder halten sich im schatten. Wir dagegen creamen uns immer ein. Weis = vile creame, hell braun = cremae, dunkel braun = wenig creame“
Was bedeutet die Zahl auf der Sonnenmilchflasche?	
„Wie stark sie gegen Sonne schützt.“	„Mit welcher Stärke man sich eincreamt.“

Im Vergleich von Lerntagebucheinträgen und Antworten im Pre-/Posttest zeigt sich, dass sich offenbar Zusammenhänge zwischen der Bearbeitung der Lernumgebung und den veränderten Antworten im Posttest ergeben. So erscheint es naheliegend, dass die Durchführung des Experiments zum Lichtschutzfaktor (von Sonnencreme) zu einer differenzierten Antwort hinsichtlich des Einsatzes von Sonnencreme führt. Eventuell hat sogar die Bearbeitung des Spiels, die auch zu einem Eintrag im Lerntagebuch geführt hat, zu einer verbesserten, wenn auch nicht optimalen Antwort zur ersten Frage geführt.

Es lassen sich aber auch richtige Eintragungen im Lerntagebuch finden, wie beispielsweise die Feststellung, dass man sich auch im Wasser mit Sonnenschutzcreme eincremen muss. Dem widerspricht die Antwort im Nachtest, dass Wasser gegen die Sonnenstrahlung schützt. Ein Beispiel dafür, dass die Lernumgebung möglicherweise auch Fehlvorstellungen erzeugen kann, ist die Antwort im Posttest, dass UV-Strahlung von einem technischen Gerät erzeugt wird. Diese Antwort ist nur durch die Tatsache plausibel, dass die Probanden in den Experimenten an UV-Lampen gearbeitet haben.

7.6.7 Interviewdaten

Die Antwort-/Gesprächsfreude in den Gruppeninterviews war sehr unterschiedlich ausgeprägt. Manche Schülergruppen haben relativ viele Fragen beantwortet und versuchten darüber hinaus ein Gespräch auch untereinander aufzubauen. Insgesamt waren die Schüler jedoch wenig gesprächsbereit, daher wird hier nur ein kurzer Auszug der transkribierten Interviews vorgestellt. .

Diese Interviewauszüge zeigen, dass die unten aufgeführten Probanden durch die Bearbeitung der Lernumgebung in der Lage sind, ihr eigenes Sonnenexpositionsverhalten kritisch zu reflektieren. Dabei spielen neben dem Sonnenbrand, auch die Hautalterung und der Hautkrebs eine wichtige Rolle.

Interviewer: *„Was würdest du deiner Freundin/deinem Freund erzählen?“*

Moritz: *„10-25 % der UV-Strahlung werden absorbiert“*

Interviewer: *„Welche Bedeutung hat für dich Sonnenschutz?“*

Vanessa: *„Ja , ich habe eine Sonnenallergie“*

Laura: *„Für mich ist das auch wichtig, weil ich nicht älter werden will und zweitens weil das ist ja nicht gut wenn man einen Sonnenbrand kriegt und deswegen ist das blöd für mich und ich bin erfolgreich. Ich habe noch nie einen Sonnenbrand gekriegt.“*

Verena: *„Auf nem Schiff kriegt man einen Sonnenbrand auch wenn es regnet“ „also ich will das nicht, weil ich auch nicht älter werden will, ich will nicht altern weil das weh tut.“*

Laura: *„und weil das zu Hautkrebs führen kann“*

Leider treten auch in diesem kurzen Interviewausschnitt Fehlvorstellungen auf, die anscheinend nicht durch die Lernumgebung verhindert werden konnten, wie beispielsweise

die Annahme, dass Wasser vor UV-Strahlung schützen soll oder aber Fehleinschätzungen zum eigenen Sonnenschutzverhalten:

- Verena: *„und aber ich krieg auch selten Sonnenbrand, weil ich im meistens im Wasser bin.“*
- Moritz: *„Also für mich ist das nicht ganz so wichtig, weil ich krieg nicht so schnell Sonnenbrand...“*
- Laura: *„aber du bist Hauttyp II du kriegst nach 36 Minuten in der Sonne ohne dich einzucremen einen ganz starken Sonnenbrand“*
- Verena: *„Wenn dann habe ich einen [Sonnenbrand] nur an den Schultern oder im Nacken.“*

Es gibt zudem Probanden, die versuchen ihre Kenntnisse mit anderen zu teilen, um Einfluss auf deren Sonnenschutzverhalten auszuüben:

- Interviewer: *„Welche Bedeutung hat für dich Sonnenschutz?“*
- Paul: *„Ich hatte noch nie einen Sonnenbrand, außer im Sommer wenn es heiß ist“
„ ab ins Wasser, da kühlt es wenigstens ab“*
- Jo: *“ja, aber da wirst du noch mehr geröstet ...im Wasser wird man nun noch mehr geröstet, weil die Sonne prallt auf einen drauf und dann bekommt halt noch schneller einen Sonnenbrand, als wenn man an Land ist“*
- Paulina: *„ich glaube schon, dass das wichtig ist also wir haben uns die Bilder angeguckt von dem Krebs und ... das fanden wir ein bisschen ekelig und da haben wir uns gedacht das wollen wir nicht selber haben und ich glaube dass es ganz wichtig ist dass man Sonnenschutz macht“*

Darüber hinaus zeigt sich, dass sie Sonnenschutzverhalten stark situationsbedingt betrachten, das bedeutet z.B., dass sie Sonnenschutzmaßnahmen vornehmlich im Urlaub für notwendig erachten:

- Paulina: *„Wenn ich an den Strand fahre oder so vorher überall eincremen und äh ich hab schon mal einen Sonnenbrand gehabt aber mir tut das irgendwie nicht richtig weh das hatte ich nur einmal da hatte ich mich gar nicht eingecremt“*
- Laura: *„Ich find das auch wichtig wenn man im Urlaub äh am Strand ist“*
- Lara: *„ich find das auch wichtig und letztes Jahr im Urlaub da hatte ich auch einen Sonnenbrand und da hat es ein bisschen weh getan und als wir dieses Projekt gemacht haben, da hab ich, also da finde ich das auch wichtig“*
- Interviewer: *„Würdest du etwas jetzt etwas anders machen?“*

Laura. *„Also auf jeden Fall eincremen und ähm dann würde waren wir ganz viel im Wasser und so ja dann mache, ich creme dann zwischendurch nochmal ein, weil damit ich keinen Sonnenbrand krieg“*

Zusammengefasst zeigen die Interviews ebenfalls, dass das Wissen zum Sonnenschutz nur bei einzelnen gut ausgeprägt ist, während sich andere in ihren Einstellungen offenbar weiterhin von ihren Gewohnheiten bzw. Alltagsvorstellungen beeinflussen lassen.

7.7 Diskussion der Ergebnisse im Hinblick auf die Forschungsfragen

In diesem Abschnitt sollen die Ergebnisse in Bezug zu den Forschungsfragen und anhand von Forschungsergebnissen in der Literatur reflektiert und diskutiert werden. Die erste Fragestellung dieser Untersuchung lautet:

1. Welche interindividuellen Unterschiede zeigen sich bei der Nutzung einer multimodalen Lernumgebung?

In den Ergebnissen zeigen sich deutliche Unterschiede in der Nutzung der Lernumgebung zwischen den einzelnen Lernern. Deutlich wird dies in den Sichtstrukturen (Hugener 2008, S.83), welche anhand der Mediennutzung erfasst und analysiert wurden. Die Unterschiede betreffen vor allem die Medienwahl, Inhaltswahl und das Lerntempo. Die zweite Forschungsfrage betrachtet differenziert das Nutzungsverhalten hinsichtlich der Medien- und Inhaltswahl:

2. Lassen sich anhand der Lernaktivitäten Typisierungen hinsichtlich des Nutzungsverhaltens vornehmen?

Bei der Betrachtung der individuellen Mediennutzung ist es möglich Typisierungen vorzunehmen. Möglich werden diese aufgrund der deutlichen Präferenz hinsichtlich der Wahl eines Medienformats. Das bedeutet jedoch nicht, dass ein bestimmter Nutzungstyp ein einziges Medienformat ausschließlich anwendet (Kramer et al. 2005). Die in dieser Untersuchung identifizierten Nutzungstypen (Text-, Film- & Experiment-, ausgeglichen, Bewegtbild³⁶- und Spiel orientiert) zeigen, dass Probanden mit einer Textorientierung seltener vorkommen als Experiment-/Filmorientierung oder Bewegtbildorientierung. Woher diese Präferenzen stammen, lässt sich aus den erhobenen Daten nicht ableiten. Auch aus Studien zur Mediennutzung bei Kindern wie der KIM Studie 2008³⁷ ergeben sich keine Anhaltspunkte für die Präferenzen. Bei KIM 2008 wurde die mediale Nutzung in der Freizeit erfragt, und es zeigt sich, dass das Fernsehen an erster Stelle deutlich vor dem Buch steht. Die Möglichkeit, Experimente zu durchzuführen, wurde in KIM 2008 nicht erhoben.

Aus der vorgenommenen Typisierung lässt sich noch keine hinreichende Aussage zum Lernerfolg treffen. Stattdessen zeigt sich aber, dass die Art und Weise, wie Lerner das Angebot der Lernumgebung selbst strukturieren (hohe, ausgeglichene, geringe Strukturierung) in einem Zusammenhang mit der Medienwahl zu stehen scheint. Auch hier könnte man von einer Sichtstruktur sprechen, die nach Oser und Sarasin (2005) zudem ein deutlicher Ausdruck von Tiefenstrukturen im Hinblick auf Lernstrategien sein kann. Es fällt auf, dass textorientierte Lerner eine hohe Strukturierung in der Themenwahl aufweisen, beispielweise bedeutet das, dass sie weniger Themenbereiche bearbeiten, diese werden jedoch mit mehr Bearbeitungszeit bedacht. Im Gegensatz dazu neigen Lerner mit Bewegtbildorientierung dazu, verhältnismäßig viele Themen in kurzer Zeit anzuklicken. Diese Tendenz, dass sich Kinder nur durch ein Programm „durchklicken“, ist auch aus anderen Untersuchungen zu multimedialen Lernumgebungen bekannt (Unterbrunner & Unterbrunner 2005). Wie strukturiert mit dem Lernangebot umgegangen wird, hängt sicherlich mit vorhandenen Lernstrategien des einzelnen zusammen, welche sich in der

³⁶ Bewegtbild= Animation & Film

³⁷ KIM Studie 2008: Kinder und Medien Computer und Internet (Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest 2009)

bisherigen Schullaufbahn manifestiert haben (Looß 2007). Hieran schließt sich die dritte differenzierte Forschungsfrage an:

3. Welche Lernprofile ergeben sich aus dem Vergleich von Lernaktivitäten, Persönlichkeitsmerkmalen und Lernerfolg?

Nutzungstypen ergeben zusammen mit den Persönlichkeitsmerkmalen der Lerner Profilkurven, ähnlich denen, die Stark & Mandl (2005) zum Lernen mit einer netzbasierten Lernumgebung erstellt haben. Aus der Untersuchung zur Lernumgebung SunExplorer ergeben sich aus den Profilen zwei typische Trendlinien, die gehäuft auftreten. Dabei zeichnet sich an der ersten Trendlinie ab, dass Lerner mit Text- oder Film-/Experimentorientierung einen (hohen) Lernerfolg erreichen und zugleich hinsichtlich der Persönlichkeitsmerkmale (kognitive Fähigkeiten, Fähigkeitsselbstkonzept, Vorwissen) eher durchschnittlich bis unterdurchschnittlich veranlagt sind. Eine andere Trendlinie zeichnet sich bei einer Bewegtbildorientierung, überdurchschnittlich ausgeprägten Persönlichkeitsmerkmalen und keinem oder sogar negativem Lernerfolg ab. Stark & Mandl (2005) haben keine Nutzungstypen in ihren Profilen berücksichtigt, jedoch gibt es hier in Teilen vergleichbare Profilm Merkmale. Dabei erweist sich das Vorwissen als wichtigster Prädiktor für den Lernerfolg. Dieser Zusammenhang lässt sich in der vorliegenden Untersuchung nicht nachweisen, hier erzielen Lerner mit einem hohen Vorwissen geringe Lernzuwächse. Jedoch ist wie auch bei Unterbrunner & Unterbrunner (2006) nicht von einem Deckeneffekt auszugehen, da kein Proband die maximale Lösungsmöglichkeit erreicht. Stattdessen ist bei einigen Schülern von einem „easy media-Effekt“ (Unterbrunner & Unterbrunner 2006, S. 192) auszugehen, d.h. die Probanden denken, dass sie bereits alle Aspekte der Lernumgebung kennen. Diese Gruppe zeichnet sich zudem teilweise durch ein hohes Fähigkeitsselbstkonzept aus. Wird bei Stark & Mandl (s.o.) der Einfluss des Vorwissens ausgeblendet, so zeigt sich auch hier die Merkmalskombination, bei der ein überdurchschnittliches Selbstkonzept verbunden mit einer ausgeprägten Computererfahrung zu einem schlechten Lernerfolg führen kann. Dies widerspricht der allgemeinen Annahme, dass ein ausgeprägtes Fähigkeitsselbstkonzept zu einem hohen Lernerfolg führt (Wild et al. 2006, Spörlein 2003, S. 123 ff.). Aufgrund dessen ist zu vermuten, dass ein hohes Fähigkeitsselbstkonzept den „easy media-Effekt“ unterstützt.

Den Lernerfolg anhand eines für alle Individuen einheitlichen Wissenstest zu ermitteln, zielt auf ein für alle Lerner gleiches Lernziel ab. Hinsichtlich eines individualisierenden Lernangebots soll an dieser Stelle erwähnt werden, dass der Lernerfolg auch anhand eines individuellen Bezugsrahmens betrachtet werden könnte (Wellenreuther 2007, S. 440). Beispielweise muss sich der Lernerfolg bei manchen Lernern nicht auf der kognitiven Ebene bewegen, sondern könnte sich stattdessen auf der psychomotorischen Ebene zeigen (beispielweise durch das Experimentieren). Damit würden sich vermutlich auch die Lernprofile ändern.

Schließlich muss festgehalten werden, dass weder die ermittelten Nutzungstypen noch die Lernprofile bekannte Typisierungen beispielweise als Lerntypen oder Lernstile substituieren sollen. Lernprofile, wie sie hier dargestellt sind, ergeben sich aus dem situativ bedingten Nutzungsverhalten der konkreten multimedialen Lernumgebung. Daran orientiert sich auch die Schlussfolgerung für die letzte Forschungsfrage:

4. Welche Schlussfolgerungen für die Gestaltung und den Einsatz von multimodalen Lernumgebungen lassen sich aus den Ergebnissen dieser Untersuchung ableiten?

Ein konstruktivistisches, offenes Lernangebot wie die hier eingesetzten Lernumgebungen führt nicht selbstverständlich zu einem individualisierten Lernprozess, bei dem jeder einzelne Lerner einen guten Lernerfolg erreicht. Es fehlt die Adaptivität der Lernumgebung an den Lerner bzw. seinen Lernprozess. Es scheint nicht ausreichend zu sein, wenn der Lerner seinen Lernweg ausschließlich selbst bestimmt. Allerdings lassen sich Lernumgebungen wie der SunExplorer zur Lernprofilerstellung nutzen, d.h. die Lernumgebung in dieser Form kann als ein diagnostisches Werkzeug eingesetzt werden. Auf das diagnostizierte Lernprofil sollte ein noch zu entwickelndes adaptives Lernprogramm entsprechend reagieren können. Von einem solchen Programm ist die Initiierung hoher Lernzuwächse zu erwarten.

7.8 Diskussion weiterer ausgewählter Ergebnisse sowie der Forschungskonzeption

Die exemplarische Gegenüberstellung von Lerntagebuch und Wissenstest am Beispiel einer Probandin macht deutlich, dass eine lernprozessorientierte Betrachtung von Unterricht notwendig ist. Festmachen lässt sich dies an der Beobachtung, dass richtige Eintragungen ins Lerntagebuch, die selbstständig während des Lernvorgangs getätigt werden, anschließend nicht im Wissenstest reproduziert werden können. Dabei wird das grundsätzliche Problem deutlich, dass gerade komplexe Lernumgebungen richtige Schülervorstellungen auch hin zu falschen bzw. ungünstigen Vorstellungen verändern können, wie die Frage nach der UV-Strahlungsquelle aufzeigt. Hier gibt die Probandin im Posttest ein technisches Gerät als Quelle für die UV-Strahlung an, anstatt der Sonne, wie das im Pretest erfolgt ist. Wahrscheinlich wird diese Veränderung darauf zurückzuführen sein, dass in den Experimenten zur UV-Strahlung mit UV-Lampen gearbeitet wurde. Eine Besonderheit dieser Lernumgebung ist, dass die Lerner im Prinzip „autonom“ mit dem Lernangebot interagieren und es deshalb keinen festen Mechanismus zur Feststellung solcher „Fehlvorstellungen“ vorhanden ist.

Die Lernumgebung SunExplorer soll auch hinsichtlich der Förderung von sonnenprotektivem Verhalten wirksam sein. Wie in Kapitel 3.4 ausgeführt ist, ist eine gute Wissensgrundlage zum Sonnenschutz für die Ausbildung sonnenprotektiven Verhaltensweisen hilfreich. Die Ergebnisse im Wissenstest zeigen jedoch nur bei den gymnasialen Schülern einen signifikanten Wissenszuwachs, sodass sich bei dieser Gruppe auch ein verändertes Sonnenschutzverhalten einstellen könnte. Bei der exemplarischen Darstellung von Wissenstest und Lerntagebuch bei Simone betrifft der inhaltliche Wissenszuwachs z.B. die Bekleidung, den LSF, und die Folgen längerer Sonnenexposition.

Aber auch die dargestellten Ergebnisse aus den Interviews legen nahe, dass sich bei manchen Schülern eine veränderte Verhaltensdisposition abzeichnet. Gerade bei der Frage *Wie wichtig ist für dich persönlich Sonnenschutz?* zeigen sich Ansätze, in denen die Schüler ihr bisheriges Verhalten reflektieren und zukünftig veränderte Verhaltensweisen ins Auge fassen wollen.

Der Ansatz des DBR stellt eine Möglichkeit dar, um für den Unterricht geeignete (multimediale) Lernumgebungen zu entwickeln. Hinsichtlich der wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung sind die Erwartungen, d.h. die Möglichkeit individualisierendes Lernen in einer multimedialen Lernumgebung zu charakterisieren, erfüllt worden. Vor allem zur Generierung neuer Forschungsfragen und Hypothesen scheint DBR gut geeignet zu sein. In dieser Arbeit haben sich im Prozess des DBR eine Reihe neuer Fragestellungen ergeben, wie beispielsweise die Frage, ob gefilmte Experimente das reale Experimentieren unterstützen können. Durch den Einsatz von Mixed Methods ist es möglich, Ergebnisse mit einer guten ökologischen Validität (Lamnek 2005, S.155) zu erzielen. Es zeigen sich aber methodische Schwierigkeiten, die auf technische Probleme z.B. bei der Datenerfassung zurückzuführen sind und andererseits aus dem DBR-Ansatz selbst resultieren. Wenn möglichst viele Bedingungen und Aspekte des Unterrichts (Lernumgebung) sowie der Lerner erfasst werden sollen, werden schnell Ressourcengrenzen hinsichtlich Arbeitsaufwand, Material und Zeit erreicht. Ein in allen Aspekten optimiertes DBR-Projekt lässt sich wahrscheinlich nur im Rahmen eines größeren Forschungsteams realisieren.

8 Zusammenfassung und Ausblick

Individualisierenden Unterricht durchzuführen ist der derzeitige Anspruch an Schule und Lehrer. Hintergrund für diese Forderung ist die Annahme, dass durch individualisierende Lernangebote besser auf interindividuelle Lernvoraussetzungen und Bedürfnisse eingegangen werden kann. Dies wird wiederum i.d.R. als Grundvoraussetzung für einen erfolgreichen Lernprozess angesehen. Neben Schulleistungsstudien wie PISA (Kobarg et al. 2008) zeigt auch die fachdidaktische Forschung (Pöpping & Melle 2002), dass im naturwissenschaftlichen Unterricht individualisierende Lernangebote kaum vorhanden sind. Dementsprechend besteht im Unterricht in diesen Fächern eine eminente Diskrepanz zwischen dem theoretischen Anspruch und der überwiegenden Unterrichtsrealität. Eine Ursache für diese Diskrepanz liegt vermutlich in der für Lehrkräfte zu aufwendigen Gestaltung von individualisierenden Lerngelegenheiten für eine durchschnittliche schulische Lerngruppe (Hänze 2009). Die theoretischen Ansätze für solche Lerngelegenheiten, wie sie beispielweise durch Trautmann & Wischer (2008) beschrieben werden, lassen zumindest einen sehr hohen Ressourcenaufwand annehmen.

Die vorliegende Arbeit besteht daher erstens in der Entwicklung einer computergestützten Lernumgebung, die durch ihr offenes Lernangebot individualisiertes Lernen ermöglichen soll. Zweitens wird die Nutzung der entwickelten Lernumgebung auf Individualebene untersucht und im Zusammenhang mit den individuellen Lernereigenschaften und Lernresultaten betrachtet.

In der Lernumgebung ist ein multimediales und multimodales Lernangebot realisiert, das bedeutet, dass derselbe Lerninhalt durch verschiedene Medienformate dem Lerner zur Verfügung gestellt wird. Erwartet wird, dass sich die Lerner entsprechend ihrer Lernvoraussetzungen und ihrem Interesse eigenständig für die für sie selbst passenden Lerninhalte und medialen Darstellungsformen entscheiden. Auf die Untersuchung des Nutzungsverhaltens zielten daher auch die Forschungsfragen ab:

1. *Welche interindividuellen Unterschiede zeigen sich bei der Nutzung einer multimodalen Lernumgebung?*
2. *Lassen sich anhand der Lernaktivitäten Typisierungen hinsichtlich des Nutzungsverhaltens vornehmen?*
3. *Welche Lernprofile ergeben sich aus dem Vergleich von Lernaktivitäten, Persönlichkeitsmerkmalen und Lernerfolg?*
4. *Welche Schlussfolgerungen für die Gestaltung und den Einsatz von multimodalen Lernumgebungen lassen sich aus den Ergebnissen dieser Untersuchung ableiten?*

Inhaltlich besteht die Lernumgebung der Hauptstudie aus Themenfeldern, die Informationen zur Sonnenstrahlung und den gesundheitlichen Folgen durch Sonneneexposition darstellen. Diese sind anhand unterschiedlicher Medienformaten wie z.B. Texte, Filme, Animationen und der Möglichkeit zum realen Experimentieren mit einer Experimentierbox aufbereitet.

Um eine Vorstellung für die inhaltliche Gestaltung der Lernumgebung zum Sonnenschutz (SunExplorer) zu bekommen, wurden Schülergruppen einer Hauptschule (N=38) und

eines Gymnasiums (N=62) mit Hilfe eines selbstentwickelten Fragebogens zu ihren Kenntnissen über Sonne und Sonnenschutzverhalten befragt. Zudem wurden das Interesse sowie das Computernutzungsverhalten erfasst.

Diese Erhebung bestätigt, dass notwendige Kenntnisse für ein gesundheitsprotektives Sonnenverhalten in der Jahrgangsstufe 5 nicht vorliegen. Nur wenige Schüler kennen die möglichen gesundheitlichen Risiken durch extensive Sonnenexposition. Dementsprechend wissen auch nur wenige Schüler, wie vernünftiger Sonnenschutz betrieben wird. So gibt es fast keinen Schüler, der die Bedeutung des Lichtschutzfaktors korrekt wiedergeben kann. Stattdessen gibt es einige Schüler, bei denen Fehlvorstellungen zu finden sind. Beispielsweise geben diese Schüler fälschlicherweise an, dass der Aufenthalt im Wasser einen guten Sonnenschutz darstellt (vgl. Stachelscheid et al. 2005).

Das Computernutzungsverhalten zeigt ferner, dass es in der Jahrgangsstufe 5 kaum Kinder gibt, die nicht mindestens einmal pro Woche am Computer arbeiten. Die Mehrheit der Kinder beschäftigt sich sogar mehrmals pro Woche am Computer.

Zur Umsetzung der lerntheoretischen Aspekte in der Lernumgebung zur Hauptstudie werden entsprechend des Forschungskonzepts Design-Based Research kleinere Untersuchungszyklen parallel zur Hauptstudienentwicklung durchgeführt. Auch diese bestehen aus computerbasierten Lernumgebungen, die ebenfalls die parallele Möglichkeit zum realen Experimentieren bieten. Thematisch sind diese Lernumgebungen im Bereich der Teilchenvorstellung umgesetzt worden, da hier auf schon vorhandene Materialien zurückgegriffen werden konnte.

In der Pilotierung der Lernumgebung zur Teilchenbewegung kann festgestellt werden, dass sich die Mediennutzung und die Art und Weise wie sich Lernende in dieser Art Lernumgebung für Themen entscheiden, typisieren lassen. So gibt es offensichtlich Lerner, die Medienformate wie Film und Animationen bevorzugen, während es aber auch Lerner gibt, die überwiegend Textinformationen nutzen. Zudem kann anhand der Ergebnisse dieser Pilotierung vermutet werden, dass die Möglichkeit gefilmte Experimente betrachten zu können, das reale Experimentieren unterstützen kann.

Die Pilotierung der Lernumgebung zum Löseverhalten geht dieser Vermutung weiter nach, allerdings konnte diesbezüglich keine eindeutige Aussage getroffen werden. Gründe für die unklaren Ergebnisse sind vermutlich der Neuheitseffekt und eine zu kleine Probandenanzahl. In dieser Pilotstudie wird jedoch das Persönlichkeitsmerkmal des Fähigkeitsselbstkonzepts miterhoben. Beim Vergleich des Fähigkeitsselbstkonzepts mit dem Lernerfolg, scheint es einen unerwarteten Zusammenhang zu geben. Entgegengesetzt der Annahme, dass ein hohes Fähigkeitsselbstkonzept auch zu einem hohen Lernerfolg führt, deutet sich als Ergebnis dieser Studie an, dass Schüler mit einem relativ geringen Fähigkeitsselbstkonzept einen besseren Lernerfolg erreichen als Schüler mit einem hohen Fähigkeitsselbstkonzept. Anscheinend profitieren diese Probanden besser von den Möglichkeiten dieser Lernumgebung.

Beide Pilotstudien liefern wichtige Bausteine für die Gestaltung der Lernumgebung SunExplorer und zur Auswahl bzw. Konstruktion der Untersuchungsinstrumente für die Hauptstudie. Dabei bilden die verwendeten Untersuchungsinstrumente zusammen einen Mixed-Methods-Ansatz, d.h. es werden sowohl quantitative Daten als auch qualitative

Daten zu den individuellen Lernvoraussetzungen, dem Lernprozess und Lernerfolg erhoben. Damit bietet sich die Möglichkeit der Triangulation dieser Daten, was wiederum zu einer besseren Validität und völlig neuen Erkenntnisgewinnung führen kann. Für die Lernvoraussetzungen wie Fähigkeitsselbstkonzept und kognitive Fähigkeiten werden standardisierte Tests eingesetzt. Die Lernprozesse³⁸ werden anhand von Screencastanalysen, Videoaufzeichnungen und Lerntagebucheinträgen rekonstruiert. Für den Lernerfolg wurde ein einfacher Leistungstest entwickelt.

Die Lernumgebung SunExplorer ist als Lerneinheit über vier Schulstunden angelegt und wurde einmal in einer Gymnasialklasse und einmal in einer Hauptschulklasse durchgeführt. Diese beiden Untersuchungsgruppen sollen praktisch als Extremgruppen die Bandbreite der Einsetzbarkeit dieser Lernumgebung abstecken.

Anhand der Screencastanalyse lassen sich Sichtstrukturen zur Medien- und Inhaltswahl der Lerner abbilden. Beim Vergleich dieser Sichtstrukturen zeigt sich, dass sich in Abhängigkeit des überwiegenden Nutzungsverhaltens bestimmter Medienformate bzw. Inhalte unterschiedliche Typen bilden lassen. Diese sind in Bezug auf die Medienformate der textorientierte, der film- und experimentorientierte, der bewegtbildorientierte, der spielorientierte Typ, sowie ein Typus bei dem ein ausgeglichenes Verhältnis der Mediennutzung vorliegt. In Bezug auf die Strukturiertheit der Inhaltswahl lassen sich drei Typen bilden: hoch- oder niedrige Strukturiertheit, sowie ein ausgeglichener Strukturierungstyp. Hinsichtlich eines geschlechtsspezifischen Nutzungsverhaltens, wie es beispielsweise Stachelscheid et al. (2001) beschrieben haben, kann hier aufgrund der ungleichen Verteilung von Schülern und Schülerinnen nicht getroffen werden.

Auf der Individualebene werden diese Typisierungen neben die Ergebnisse zu den Tests der Persönlichkeitsmerkmale und dem Lernerfolg gestellt. Damit ergeben sich individuelle Lernprofile. Trotz einer geringen Probandenzahl wurden diese Lernprofile miteinander verglichen und es lassen sich zumindest folgende Trends ablesen. Textorientierte Lerner zeigen häufig eine hohe Strukturiertheit. Wenn zudem bei den Persönlichkeitsmerkmalen ein durchschnittliches oder geringes Fähigkeitsselbstkonzept und/oder geringe kognitive Fähigkeiten vorliegen, so zeigt sich dennoch ein guter Lernerfolg. Stattdessen haben Lerner, die beispielsweise ein hohes Fähigkeitsselbstkonzept aufweisen und zudem bewegtbildorientiert und unstrukturiert sind, einen schlechten Lernerfolg.

Diese Gegenüberstellung von Persönlichkeitsmerkmalen mit den Lernentscheidungen innerhalb der Lernumgebung und der Bezug zum Lernerfolg zeigen, dass es für einen guten Lernerfolg nicht ausreichend ist, Lernern einfach nur vielzählige Lerngelegenheiten bereit zu stellen. Die Möglichkeit für die Lerner selbstbestimmt eigene Lernwege einschlagen zu dürfen, führt nicht automatisch zu erfolgreichem Lernen. Auch wenn z.B. insgesamt die Gymnasiasten durchschnittlich einen Lernerfolg aufweisen können, so sind es nur wenige Probanden, die einen großen Lernerfolg innerhalb der gegebenen Lernumgebung aufweisen

Für diese Art Lernumgebung bedeutet dies, dass sich damit noch kein individualisierender Unterricht realisiert wird, der dem Anspruch gerecht wird, jeden Schüler zum Lernerfolg zu führen. Dagegen scheint diese Lernumgebung eine gute Gelegenheit zu bieten, um zusammen mit den Testinstrumentarien umfassende, individuelle Lernprofile zu ermitteln.

³⁸ Im Sinne von Lernerentscheidungen innerhalb der Lernumgebungen.

Ziel muss es nun für weitere Untersuchungen sein, die Lernumgebungen weiter zu entwickeln, sodass sich diese adaptiv auf die Ergebnisse der Lernprofile einstellen.

Damit ergeben sich mindestens drei neue Untersuchungsfragen, welche in Folgestudien eruiert werden sollten:

- *Wie lässt sich eine diagnostische Komponente in der computerbasierten Lernumgebung integrieren und automatisieren?*
- *Welche Art Instruktionen müssen eingesetzt werden, um auf interindividuell unterschiedliche Diagnoseergebnisse reagieren zu können?*
- *Führt eine adaptive Lernumgebung bei jedem Lerner zum Lernerfolg?*

9 Verzeichnisse

9.1 Literaturverzeichnis

- ADP und DKH (2007): Lehrermappe 1.-4. Klasse;
<http://www.unserehaut.de/adp/sonne/kind-sonne/unterrichtsmaterial/contentTeaser/02/file/lehrerfolder.pdf> 20.07.2010
- ADP und DKH (2007): Lehrermappe 6.-10. Klasse;
<http://www.unserehaut.de/adp/sonne/kind-sonne/unterrichtsmaterial/contentTeaser/06/file/lehrermappe.pdf> 20.07.2010
- IfD Allensbach (2011): Aktuelle Fragen der Schulpolitik und das Bild der Lehrer in Deutschland; http://www.ifd-allensbach.de/pdf/akt_lehrerpreis.pdf 15.4.2011
- Ajzen, I. & Fishbein, M. (1980): Understanding attitudes and predicting social behavior; Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall
- Anton, M. A. (2008): Kompendium Chemiedidaktik, Klinkhardt Bad Heilbrunn
- Arnold, K.H., Bos, W., Richert, P., Stubbe, T.C. (2007): Schullaufbahnpräferenzen am Ende der vierten Klassenstufe: In Bos, W., Homberg, S., Arnold, K.H., Faust, G., Fried, L., Lankes, E.M., Schwippert, K., Valtin, R. (Hrsg.): IGLU 2006; Waxmann Münster.
- Aufschnaiter, C. v. & Riemeier, T. (2005). Experimente im naturwissenschaftlichen Unterricht. Lernchancen, 8(47), 6-10
- Augustin, M.(2008): Klinische und versorgungswissenschaftliche Aspekte des Hautkrebs; In Kappas, M. (Hrsg.): Klimawandel und Hautkrebs, ibidem-Verlag Stuttgart
- Bais, A.F., Lubin, D. (2007): Surface Ultraviolet radiation: Past, Present, and Future; In 2006 WMO/UNEP ozone assessment, Chapter 7; online:
<http://www.esrl.noaa.gov/csd/assessments/ozone/2006/chapters/chapter7.pdf> 10.07.2010
- Bartnitzky, J. (2004): Einsatz eines Lerntagebuchs in der Grundschule zur Förderung der Lern- und Leistungsmotivation - Eine Interventionsstudie -; Dissertation, Universität Dortmund
- Beck, E., Baer, M., Guldemann, T., Bischoff, S., Brühwiler, C., Müller, P., Niedermann, R., Rogalla, M., Vogt, F. (2008): Adaptive Lehrkompetenz; Waxmann Münster
- Becker, H.-J. (2009): Differenzierung – was ist gemeint?; Unterricht Chemie Nr.111/112
- Becker, M. H. (1974): The health belief model and personal health behavior; Thorofare, NJ: Slack
- Berking, C. (2005): Bedeutung von ultravioletter Strahlung beim malignen Melanom; ; Hautarzt 56:687–697 Springer-Verlag 2005; Online publiziert: 21. Juni 2005
- Bernholt, S., Walpuski, M., Sunfleth, E., Parchmann, I. (2009): Kompetenzentwicklung im Chemieunterricht; Unterricht Chemie Nr. 111/112 S. 78-85
- Bortz, J. & Döring, N. (2002): Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler; Springer Heidelberg
- Bortz, J. & Döring, N. (2006): Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler. Berlin, 4. Auflage, Springer
- Bräu, K. (2005): Individualisierung des Lernens – Zum Lehrerhandeln bei der Bewältigung eines Balanceproblems: In Bräu, K., Schwerdt, U. (Hrsg.): Heterogenität als Chance; Paderborner Beiträge zur Unterrichtsforschung und Lehrerbildung; LIT Verlag Münster
- Bräu, K. (2007): Die Betreuung der Schüler im individualisierenden Unterricht der Sekundarstufe. Strategien und Handlungsmuster der Lehrenden: In Rabenstein; K, Reh, S.

- (Hrsg.): Kooperatives und selbstständiges Arbeiten von Schülern; VS Verlag für Sozialwissenschaften Wiesbaden
- Brell, C., Theyßen, H., Schecker, H., Schuhmacher, D. (2006): Simulation, IBE, Real-experiment – Lerneffizienz durch „Neue Medien“? In Anja Pitton (Hrsg.): Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik – GDGP Jahrestagung 2005: Lehren und Lernen mit neuen Medien, LIT-Verlag Münster
 - Brown, A. L. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges increasing complex interventions in classroom settings; *Journal of the Learning Sciences*, 2(22), 141-178
 - Brown, A., Luterbach, K. & Sugar, W. (2009). The Current State of Screencast Technology and What is Known About its Instructional Effectiveness. In I. Gibson et al. (Eds.), *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference 2009* (pp. 1748-1753). Chesapeake, VA: AACE
 - Bühl, A. (2008): SPSS Version 16: Einführung in die moderne Datenanalyse; Pearson Studium 11. Aufl. München
 - Cech, D. & Schwier, H.-J. (Hrsg.) (2003): Lernwege und Aneignungsformen im Sachunterricht. Klinkhardt Verlag
 - Cernusca, D. (2007): Implementation of an Online Learning Environment in a Large Classroom; VDM Verlag Dr. Müller Saarbrücken
 - Cobb P., Confrey J., diSessa A., Lehrer R., Schauble L. (2003). Design Experiments in Educational Research. *Educational Researcher*, Vol.32, No.1, 9-13.
 - Collins, A. Joseph D., Bielaczyc K. (2004). Design research: Theoretical and methodological issues. *The Journal of Learning Sciences*, 13(1), 15-42.
 - Czarnocha, B. & Prabhu, V. (2004): Teaching-research and the design experiment – Two methodologies for the Integration of Research and Classroom Practice; <http://www.hbcse.tifr.res.in/episteme/episteme-1/allabs/prabhuabs.pdf> 10.7.2010
 - Dameris, M., Peter, P., Schmidt, U., Zellner, R. (2007): Das Ozonloch und seine Ursachen; *Chemie in unserer Zeit* 41, S.152-168; Wiley-VCH Verlag Weinheim
 - Dameris, M. (2010): Abbau der Ozonschicht im 21. Jahrhundert, *Angewandte Chemie*, Vol. 122 S.499-501
 - Daseking, M. & Lemcke, J. (2006): Testinformation zu Skalen zur Erfassung des schulischen Selbstkonzepts (SESSKO) von Claudia Schöne, Oliver Dickhäuser, Birgit Spinath und Joachim Stiensmeier Pelster (2002); *Diagnostica*, 52, Heft 1, 45–47
 - Deci, E., Ryan, R. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39 (2), S. 223-238.
 - Degenhardt, M. (2001): Möglichkeiten empirischer Erfassung der Computernutzung von Schüler/innen im Unterricht; *Medienpädagogik*, <http://www.medienpaed.com/00-2/degenhardt1.pdf>
 - Denzin, N.K. (2004): Symbolischer Interaktionismus. In Flick, U., von Kardoff, E. Und Steinke, I. (Hrsg.): *Qualitative Forschung*. 3. Auflage Rowohlt Taschenbuch Verlag
 - Design-Based Research Collective (2003). Design-Based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32 (1), 5-8.
 - Deutscher Wetterdienst (2005a): UV in der Atmosphäre und UV-Wirkung auf den Organismus; http://www.dwd.de/bvbw/generator/DWDWWW/Content/Oeffentlichkeit/KU/KU3/Biowetter/UV__Index/Download/de/Berechnung__UV,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/Berechnung_UV.pdf 10.06.2010
 - Deutscher Wetterdienst (2005b): Definition des UV Index; http://www.dwd.de/bvbw/generator/DWDWWW/Content/Oeffentlichkeit/KU/KU3/Biowetter/UV__Index/Download/de/UVI__Definition,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/UVI_Definition.pdf 10.06.2010

- Di Fuccia, D. (2007): Schülerexperimente als Instrument der Leistungsbeurteilung; uni-edition Berlin
- Dickhäuser, O. (2006): Fähigkeitsselbstkonzepte; Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 20 (1/2), 5–8
- Duit, Reinders (1995): Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschaftsdidaktischen Lehr- und Lernforschung. Zeitschrift für Pädagogik, 41, 1995, 905–923.
- Duit, Reinders (2000): Konzeptwechsel und Lernen in den Naturwissenschaften. in: R. Duit & Ch. v. Rhöneck (Hrsg), Ergebnisse fachdidaktischer und psychologischer Lehr-Lern-Forschung (pp. 77-104). Kiel: IPN
- Edelmann, W. (2000): Lernpsychologie; Beltz Verlag Weinheim
- Eichacker, Susanne (2003): UV-Schutz durch Textilien, Fachinformationsdienst Lebenswissenschaften, Umwelt und Gesundheit; online: http://www.helmholtz-muenchen.de/fileadmin/FLUGS/PDF/Themen/Gesundes-Leben/Risiken_Sonne/UV_Schutz_Textilien.pdf 10.07.2010
- Eichhorn, C., Seibold, C., Loss, J., Steinmann, A., Nagel, E. (2008): Kenntnisstand zum Thema UV-Strahlung und Sonnenschutz; Der Hautarzt 59:821–827 Springer Medizin Verlag; Online publiziert: 11. September 2008
- Eid, M. & Schwenkmezger, P. (1997): Sonnenschutzverhalten; in Schwarzer, Ralf (Hrsg.): Gesundheitspsychologie Ein Lehrbuch, 2. überarbeitete und erweiterte Auflage, Hogrefe, Göttingen S. 91-116
- Eid, M. (2003): Kritische Sonnenexposition; in Jerusalem, Matthias & Weber, Hannelore (Hrsg.): Psychologische Gesundheitsförderung; Hogrefe Verlag Göttingen
- Eilks, I. & Ralle, B. (2002): Partizipative Fachdidaktische Aktionsforschung. CHEMKON Volume 9 Issue 1, S.13-18
- Eilks, I., Flintjer, B., Krilla, B., Möllenkamp, H. und Wagner, W. (2004): Computer und Multimedia im Unterricht heute; CHEMKON 11 Nr.3 Wiley-VCH
- Eilks, I., Krilla, B., Ralle, B., Schmitz, R.-P., Tausch, M. W. (2001). Lernsoftware - Lernen mit den neuen Medien als eine Bereicherung des Chemieunterrichts? PdN-ChiS 50, Nr. 7, 2-4.
- Eilks, I., Witteck, T., Pietzner, V. (2010): Multimedia aus dem Internet –Motivierend, aber immer auch lernförderlich?, PdN Chemie Heft 4/59
- Elliot, J. (1991) Action Research for Educational Change. Open University Press. Philadelphia
- Embacher, F. (2003): Das Konzept der Lernpfade von mathe online, Beitrag zum 6. Business-Meeting des Forum Neue Medien Universität Klagenfurt; http://www.mathe-online.at/nml/papers/Abstract_6.BusinessMeeting.pdf 28.12.2006
- Esser, C. & J. Krutmann, J. (2010): UV-Strahlung und Pigmentierung; Hautarzt 61:561–566 Springer-Verlag 2010; Online publiziert: 16. Juni 2010
- Fabian, P. (1989): Atmosphäre und Umwelt; Springer Verlag Berlin
- Fischer F., Waibel M., Wecker C. (2005). Nutzenorientierte Grundlagenforschung im Bildungsbereich. Zeitschrift für Erziehungswissenschaften, Heft 3/2005, 427-442.
- Fischer, H.E., Klemm, K., Leutner, D., Sumfleth, E., Thiemann, R., Wirth, J. (2005): Framework for empirical research on science teaching and learning; Journal of Science Teacher Education, 16.
- Fischler, H. (2007): Fachdidaktik und Unterrichtsqualität im Bereich Naturwissenschaften; in Arnold, Karl-Heinz: Unterrichtsqualität und Fachdidaktik, Klinkhardt Bad Heilbrunn
- Franik, R. (Hrsg.) (1985). Themenheft „Computer im Chemieunterricht“. PdN-Che, 34, Nr. 5.
- Fritz A., Tobinski, D. und Hussy, W. (2010): Pädagogische Psychologie; UTB Stuttgart

- Garbe, C., Eigentler, T. und Metzler, G. (2010): Klinisches Bild und Histologie des malignen Melanoms der Haut; in Szeimies, R.M., Hauschild, A.; Garbe, C., Kaufmann, R., Landtaller, M. (Hrsg.): Tumoren der Haut: Grundlagen - Diagnostik – Therapie, Thieme Verlag Stuttgart
- Garbe, Claus (2005): Sonnenschutz: Was ist zuviel, was ist zu wenig?; in Plewig, G. et al.(Hrsg.): Fortschritte der praktischen Dermatologie und Venerologie, Springer-Verlag Berlin, S. 504-514
- Gerrig, R.J. & Zimbardo, P.G. (2008): Psychologie; Pearson 18.Aufl. München
- Giest, H. (1999): Kognitive Entwicklung – Lernen- Unterricht, Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Heft 1, S. 25-40
- Gläser-Zikuda, M. & Hascher, T. (2007): Lernprozesse dokumentieren, reflektieren und beurteilen; Klinkhardt Bad Heilbrunn
- Glattes, M., Hundeloh, H., Meierjürgen, R., Reinink, G.W., Scheffler, B., Steden, K.J., Zunker, K. (2009): Landesprogramm Bildung und Gesundheit NRW, online: http://www.bug-nrw.de/cms/upload/pdf/Konzept_LP_%20BuG.pdf 15.07.2010
- Gorard, S. & Taylor, C. (2004). Combining Methods in Educational and Social Research. Open University Press. New York
- Gräsel, C. & Parchmann, I. (2004): Implementationsforschung- oder: der steinige Weg, Unterricht zu verändern. Unterrichtswissenschaft, 32.Jg. S.196-214
- Greinert, R., Breitbart, E.W., Volkmer, B. (2008): UV-induzierte DNA-Schäden und Hautkrebs; in Kappas, M. (Hrsg.): Klimawandel und Hautkrebs, ibidem-Verlag Stuttgart
- Hänze, M. & Berger, R. (2009): Wer profitiert von wem? Leistungsbezogene Gruppenzusammensetzung in Expertenmodellen kooperativen Lernens; Tagungsband der Fachtagung Pädagogische Psychologie der Deutschen Gesellschaft für Psychologie (DGPs) in Saarbrücken; http://www.uni-saarland.de/fak5/ezw/PAEPS_2009/pdfs/Tagungs-band_Download.pdf; 11.12.2009.
- Hänze, M. (2009): Mit Heterogenität umgehen; Unterricht Chemie Nr. 111/112 S. 2-7
- Hänze, M., Schmidt-Weigand, F., Blum, S. (2007): Mit gestuften Lernhilfen im naturwissenschaftlichen Unterricht selbstständig lernen und arbeiten: In Rabenstein, K. & Reh, S. (Hrsg.): Kooperatives und selbstständiges Arbeiten von Schülern; VS Verlag für Sozialwissenschaften Wiesbaden.
- Hecht, H. (1974): Einsatz eines Computer-Unterstützten Lehrprogramms im Chemieunterricht einer 10. Klasse; Rechner-Gestützter Unterricht Volume 17/1974 Springer Berlin
- Heller, K. A.: Individuelle Bedingungsfaktoren der Schulleistung: Literaturüberblick; in Weinert, F. E. & Helmke, A.: Entwicklung im Grundschulalter, Beltz Weinheim
- Helmke, A. (2009): Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität; Kallmeyer Seelze-Velber; 1. Auflage.
- Helmke, A. und Schrader, Friederich-Wilhelm (1998): Determinanten der Schulleistung; in Rost, Detlef H.: Handwörterbuch Pädagogische Psychologie, Beltz Weinheim
- Hempel, M. (2002): Lernwege der Kinde; Schneider Verlag Hohengehren
- Herzig, B. (1999): Neue Lehr- und Lernformen; Vortrages zur Eröffnung des ModellversuchsSelMa (Selbstlernen in der gymnasialen Oberstufe – Mathematik) am Landesinstitut für Schule und Weiterbildung in Soest am 10.03.99, http://dbbm.fwu.de/semik/publikationen/downloads/nw1_herzig.pdf; 10.07.2010
- Hildebrandt, K. (2007): Die Wirkung systemischer Darstellungsformen und multiperspektivischer Wissensrepräsentationen auf das Verständnis des globalen Kohlenstoffkreislauf; DissertationIPN, http://eldiss.uni-kiel.de/macau/servlets/MCRFileNodeServlet/dissertation_derivate_00002136/070724_Dissertation_Hildebrandt.pdf?hosts= , 2.08.2010

- Hoffmann, K., Hoffmann, A., Hanke, D., Böhringer, B., Schindling, G., Schön, U., Klotz, M.L., Altmeyer, P. (1998): Sonnenschutz durch optimierte Stoffe; Der Hautarzt 49:10–16; Springer-Verlag 1998
- Holling, H., Preckel F. und Vock, M. (2004): Intelligenzdiagnostik; Hogrefe Göttingen
- Hopf, M. & Wiesner, H. (2007): Design-Based Research; in Höttecke; D. (Hrsg.), Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Kompetenzen, Kompetenzmodelle, Kompetenzentwicklung, Lit. Verlag Berlin
- Hopf, M., Broksch, N. (2007): Prozesse beim Experimentieren: In Höttecke; D. (Hrsg.), Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich, Lit. Verlag Berlin.
- Höttecke, D. (2007): Fachliche Klärung des Experimentierens: In Höttecke; D. (Hrsg.), Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Kompetenzen, Kompetenzmodelle, Kompetenzentwicklung, Lit. Verlag Berlin.
- Issing, Ludwig J. (2002): Instruktions-Design für Multimedia; in Issing, Ludwig J., und Klimas, Paul: Information und Lernen mit Multimedia und Internet; Beltz Weinheim
- Jank, Werner & Meyer, Hilbert (1991): Didaktische Modelle; Cornelson Verlag Frankfurt am Main
- Jerusalem, M. (2003): Prävention in Schulen; in Jerusalem, M. & Weber, H. (Hrsg.): Psychologische Gesundheitsförderung; Hogrefe Verlag Göttingen
- Jerusalem, M. (2006): Theoretische Konzeptionen der Gesundheitsförderung im Kindes- und Jugendalter; in Lohaus, A., Jerusalem, M., Klein-Heßling, J. (Hrsg.): Gesundheitsförderung im Kindes- und Jugendalter; Hogrefe Verlag Göttingen
- Juuti, K. & Lavonen, J. (2006). Design-Based Research in Science Education: One Step Towards Methodology. Nordic Studies in Science Education (NORDINA) Nr. 4; Oslo
- Kappas, M. & Augustin, J. (2008): Klimawandel und Hautkrebs – Klimafolgenforschung im 21. Jahrhundert; ; in Kappas, M. (Hrsg.): Klimawandel und Hautkrebs, ibidem-Verlag Stuttgart
- Kasper, H. & Lipowsky, F. (1997): Das Lerntagebuch als schülerbezogene Evaluationsform in einem aktiv-entdeckenden Grundschulunterricht - Beispiele aus einem Geometrie-Projekt; in: Schönbeck, J. (Hrsg.): Facetten der Mathematikdidaktik, Deutscher Studienverlag Weinheim
- Kerkau, F. (2005): Biosignale der Pupille zur Steuerung intelligenter User Interfaces; Dissertation; herunterladbar unter <http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?idn=978586948>
- Kernland Lang, K. & Hunger, R. (2006): Sonnenschutz bei Kindern; Paediatrica Vol 17 Nr. 3
- Klauer, K. J., Leutner, D. (2007): Lehren und Lernen. Eine Einführung in die Instruktionspsychologie; Beltz Weinheim
- Kleiter, E.F. & Petermann, F. (1977): Abbildung von Lernwegen; Oldenbourg Verlag München
- Klimsa, P. (2002): Multimediane Nutzung aus psychologischer und didaktischer Sicht; ; in Issing, Ludwig J., und Klimas, Paul: Information und Lernen mit Multimedia und Internet; Beltz Weinheim
- Kobarg, M., Altmann, U., Wittwer, J., Seidel, T., Prenzel, M. (2008): Naturwissenschaftlicher Unterricht im Ländervergleich: In Prenzel, M., Artelt, C., Baumert, J., Blum, W., Hammann, M., Klieme, E. und Pekrun, R. (Hrsg.): PISA 2006 in Deutschland; Waxmann Münster.
- Koch, I. (2008): Konditionieren und implizites Lernen; in Müsseler, J. (Hrsg.): Allgemeine Psychologie, Spektrum Verlag 2. Aufl. Berlin
- Montada, Leo (1998): Die geistige Entwicklung aus Sicht Jean Piagets; in Oerter, R. & Montada, L. (Hrsg.): Entwicklungspsychologie, Beltz Verlag 4. Aufl. Weinheim

- Kohnen, M., Stachelscheid, K., Warbruck, F. (2006). Unterstützung realer Experimentierfähigkeit durch Filme. Poster auf der 68. Tagung der AEPF in München. URL: www.pead.uni-muenchen.de (Download 15.05.2009).
- Kolb, A.Y. & Kolb, D.A. (2005): Learning Styles and Learning Spaces: Enhancing Experiential Learning in Higher Education; Academy of Management Learning & Education Vol. 4, No. 2, 193–212.
- Kolb, D. A. (1985): Learning Style Inventory; McBer and Company Boston
- Koller, U. & Stroh, K. (1993/2002): UV-Strahlung – Wirkungen auf den Menschen, Bayrisches Landesamt für Umwelt, online: http://www.lfu.bayern.de/umweltwissen/doc/uw_73_uv_strahlung_wirkungen_menschen.pdf 2.07.1010
- Krainer, K. (2007): Die Programme IMST und SINUS: Reflexionen über Ansatz, Wirkungen und Weiterentwicklungen; in D. Höttecke (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung im internationalen Vergleich. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Tagungsband der Jahrestagung 2006 in Bern, LIT-Verlag Münster
- Kriwy, P. (2008): Gesundheitsprävention und Gesundheitsverhalten bei Kindern; in Hackauf, H. & Jungbauser-Gans, M. (Hrsg.): Gesundheitsprävention bei Kindern und Jugendlichen; VS-Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden
- Krüger, Dirk (2007): Die Conceptual Change-Theorie; in Krüger, D. & Vogt, H. (2007): Theorien in der biologischen Forschung; Springer Berlin
- Kultusministerium NRW (1993): Richtlinien und Lehrpläne Biologie Sek. I; Ritterbach Verlag Frechen
- Lamnek, S. (2005): Qualitative Sozialforschung; Weinheim
- Langhals, H. & Fuchs, K. (2004): Sonnenstrahlung, Hautreaktionen und Sonnenschutz; Chemie in unserer Zeit, Vol. 38 S. 98-112, Wiley-VCH Verlag Weinheim
- Lau, A., Neumann, K., Fischer H.E., Sumfleth, E. (2009): Einfluss von Passung und Aufgaben und Antworten auf Schülerleistung; in Höttecke; D. (Hrsg.), Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik : Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung, Lit. Verlag Berlin.
- Lensment, L. (2002): Systematische und problemorientierte Erarbeitung von chemischen Sachverhalten im Rahmen eines multimedialen Lernprogramms. Eine empirische Studie zum Kapitel Wasser der Internetvorlesung CHEMnet; Disseratation IPN, http://eldiss.uni-kiel.de/accept.htm?http://eldiss.uni-kiel.de/macau/servlets/MCRFileNodeServlet/dissertation_derivate_00000695/d695.pdf;jSESSIONID=F0316AC947871762246A08DC4893B536?hosts= ; 2.07.2010
- Leutner, D. (1992): Adaptivität und Adaptierbarkeit multimedialer Lehr und Informationssysteme: In Issing L. J. und Klimsa P. (Hrsg.): Information und Lernen mit Multimedia und Internet; Beltz Weinheim, 3.Auflage.
- Liebig, S. (2003): Ein anderer Blick auf Unterricht: Das Lerntagebuch; <http://www.leanet.de/dyn/bin/31560-31563-1-lerntagebuch.pdf> ; 20.02.2007
- Lienert, G. & Raatz, U. (1998): Testaufbau und Testanalyse. Weinheim. Psychologie Verlags Union.
- Lindemann, H. (1999): Einführung in die Didaktik der Chemie; Staccato-Verlag Düsseldorf
- Looß, M. (2007): Lernstrategien, Lernerorientierungen, Lern(er)typen; in Krüger, D. & Vogt, H. (Hrsg.): Theorien der biologiedidaktischen Forschung, Springer Berlin
- Lukossek, N.C. (2007): Ermittlung von Lernerentscheidungen in CBT-Lernumgebungen mit Hilfe von Lerntagebüchern; Schriftliche Hausarbeit im Rahmen der Ersten Staatsprüfung Universität Duisburg-Essen

- Luther, H. et al. (1996): Increase of melanocytic naevus counts in children during 5 years follow-up and analysis of associated factors; Melanoma Research Vol. 6 (SUPPLEMENT 1) S. 40
- Mandl, H., Reinmann-Rothmeier, G., Kroschel, E. (1995): Lerngeschichten; Pabst Verlag Lengerich
- Marohn, A. (2009): "Choice2learn": In Praxis der Naturwissenschaften, Chemie in der Schule; Heft8/58, Aulis Verlag.
- Mayer, E. R. (2007): Multimedia Learning; Cambridge University Press 2009, 9th printing.
- Mayring, P. (1995): Möglichkeiten fallanalytischen Vorgehens zur Untersuchung von Lernstrategien; Empirische Pädagogik Bd. 9 Nr. 2, S. 155-171
- Meijer, M.R., Prins, G.T., Bulte A., Pilot A. (2008): Method of Educational Design-Based Research in Science Education: Why and How?; in Ralle, B. & Eilks, I. (Hrsg.): Promoting Successful Science Education – The Worth of Science Education Research; Shaker Verlag Aachen
- Messner, R. (2001): Szenarien zur Bearbeitung des Theorie-Praxis-Problems in der Lehrerbildung; Journal für Lehrerinnen- und Lehrerbildung, 2/2001, 10-19
- Mikelskis, H. F. (2003): Multimedialernen im naturwissenschaftlichen Unterricht1: Ansätze eines Forschungsparadigmas zwischen Fachdidaktik und Psychologie; in Pitton, A. (Hrsg.), Chemie- und physikalische Forschung und naturwissenschaftliche Bildung; Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Tagungsband der Jahrestagung 2003 in Berlin, LIT-Verlag Münster
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2007): Schulgesetz;
http://www.schulministerium.nrw.de/BP/Schulrecht/Gesetze/SchulG_Info/Schulgesetz.pdf
; Datum: 10.12.2009.
- Montada, L. (1998): Die geistige Entwicklung aus der Sicht Jean Piagets; in Oerter, R. & Montada, L. (Hrsg.): Entwicklungspsychologie; Beltz Verlag Weinheim
- Mummendy, H.D. (1995); Die Fragebogenmethode; Hogrefe-Verlag Göttingen
- Newton Bishop, J.A., Collins, M., Hughes, B.R., Altman, D.G., Bergman, W., Breitbart, E.W., de Stavola, B., Elvers, H., Gylling, F., Koopman, M., Marks, R., Martin, M., Martin M., Murphy, G., Osterlind, A. und Wetton, N. (1997): What do children aged 5 to 11 years old know about the sun and skin cancer? The practical difficulties of international collaborative research when analysis of language is involved; Melanoma Research Vol. 7, S. 428-435
- Niedderer, H. & Goldberg, F. (1995): Lernprozesse beim elektrischen Stromkreis; Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 1, 73-86
- Oetken, M. (Hrsg.) (2010): Themenheft Motivierende Medien; PdN Chemie Heft 4/59
- Petermann, K., Friederich, J., Oetken, M. (2009): Orientierung an Schülervorstellungen: In Praxis der Naturwissenschaften, Chemie in der Schule; Heft8/58, Aulis Verlag.
- Petri, J. (1996): Der Lernpfad eines Schülers in der Atomphysik – eine Fallstudie in der Sekundarstufe II; Mainz Verlag Aachen
- Pfahlberg, A., Schneider, D., Kömel, K.F., Gefeller, O. (2000): UV-Exposition in der Kindheit und im Erwachsenenalter: Welche Lebensperiode beeinflusst das Melanomrisiko entscheidender?; Soz.- Präventivmed. 45; Birkhäuser Verlag, Basel
- Pfeifer, P., Lutz, B., Bader H.J. (2002): Konkrete Fachdidaktik Chemie; Oldenbourg Verlag 3. Aufl. München
- Pitton, A. (Hrsg.) (2006) Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Lehren und Lernen mit neuen Medien, Lit. Verlag Berlin.
- Pöpping, W. & Melle, I. (2002). Unterrichtsverfahren im Chemieunterricht des Gymnasiums. H. Behrendt (Hrsg.), Zur Didaktik der Physik und Chemie (S. 212-214). Alsbach: Leuchtturm

- Posner, G., Strike, K., Hewson, P., Gerzog, W. (1982): Accomodtion of scientific conception: Toward atheory of conceptual change; Science Education Vol. 66 S. 211-227
- Prenzel, M., Geiser, H. , Langeheine, R., Lobemeier, K. (2003): Das naturwissen-schaftliche Verständnis am Ende der Grundschule; in Bos et al. (Hrsg.): Erste Ergebnisse aus IGLU; Waxmann Verlag Münster
- Priemer, B. (2004): Logfile-Analysen: Möglichkeiten und Grenzen ihrer Nutzung bei Untersuchungen zur Mensch-Maschine-Interaktion; Medienpädagogik Vol. 1, pp. 1–23
- Rambow, R. & Nückles, M. (2002): Der Einsatz eines Lerntagebuchs in der Hochschule. <http://www-1.tu-cottbus.de/BTU/Fak2/TheoArch/Lehrstuh; 3.4.2010>
- Reimann, G. & Eppler, M. J. (2008); Wissenswege; Verlag Hans Huber Bern
- Reinhold,P. (2006): Elementarisierung und didaktische Rekonstruktion in Mikelskis,F.H.(Hrsg.): Physik Didaktik; Cornelson Verlag Berlin
- Reinmann, G. & Vohle, F. (2004): Implementation als Designprozess, in Reinmann, G. & Mandl, H. (Hrsg.): Psychologie des Wissensmanagement; Hogrefe S.239 Z.16-25
- Reinmann, G. (2005). Innovation ohne Forschung?. Unterrichtswissenschaft, Heft 1, 52-60.
- Reinmann, G.& Mandl, H. (2006). Unterrichten und Lernumgebungen gestalten; in Krapp, A. & Weidenmann, B. (Hrsg.), Pädagogische Psychologie, Beltz Weinheim
- Rheinberg, F. (2004): Motivationsdiagnostik. Hogrefe Göttingen
- Riemeier, T. (2007): Moderater Konstruktivismus; in Krüger, D. & Vogt, H. (Hrsg.): Theorien der biologiedidaktischen Forschung, Springer Berlin
- Rincke, K., Wodzinski, R. (2009): Effektivität verschiedener Unterstützungsmaßnahmen beim Experimentieren im Physikunterricht der Sekundarstufe I: In Höttecke; D. (Hrsg.), Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik : Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung, Lit. Verlag Berlin.
- Robert Koch-Instituts und Gesellschaft der epidemiologischen Krebsregister in Deutschland e. V (2010): Krebs in Deutschland 2005/2006. Häufigkeiten und Trends; 7. Ausgabe, S.52 ff. Robert Koch-Institut, Berlin
- Rönnebeck, S., Schöps, K., Prenzel, Hammannn, M. (2008): Naturwissenschaftliche Kompetenz im Ländervergleich: In Prenzel, M., Artelt, C., Baumert, J., Blum, W., Hammann, M., Klieme, E. und Pekrun, R. (Hrsg.): PISA 2006 in Deutschland; Waxmann Münster.
- Rost, J., Walter, O., Carstensen, C.-H., Senkbeil, M., Prenzel, M. (2004).Naturwissenschaftliche Kompetenz. In M. Prenzel, J. Baumert, W. Blum, R. Lehmann, D.Leutner, M. Neubrand, R. Pekrun, H.-G. Rolff, J. Rost, U. Schiefele, (Hrsg.): PISA 2003. Der Bildungsstand der Jugendlichen in Deutschland - Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs. Waxmann Münster
- Rost, D.H. (2005): Interpretation und Bewertung pädagogisch-psychologischer Studien : eine Einführung,Beltz Weinheim
- Rost, J.(2004): Lehrbuch Testtheorie - Testkonstruktion; Huber 2. Aufl. Bern
- Rubitzko, T. (2006): Aktives Lernen mit multiplen Repräsentationen - Zur Vermittlung komplexer physikalischer Inhalte mit Texten, Bildern, Animationen und Simulationen; Dissertation Pädagogische Hochschule Ludwigsburg, http://opus.bsz-bw.de/phlb/volltexte/2006/2777/pdf/Dissertation_Online_1.pdf ; Datum 10.12.2009.
- Rustemeyer, Ruth (2004): Einführung in die Unterrichtspsychologie; Wissenschaftliche Buchgesellschaftdarmstadt
- Schäfers, B. (1995) Grundbegriffe der Soziologie, Leske + Budrich; Opladen
- Schäfer, H. (2009): Das lernende Individuum oder wie wird eigentlich gelernt?; in Höhmann, K., Kopp, R., Schäfers, H., Demmer, M. (Hrsg.): Lernen über Grenzen; Verlag Barbara Budrich Opladen

- Schaumburg, H. (2003): Konstruktivistischer Unterricht mit Laptops?, Dissertation, http://www.diss.fu-berlin.de/diss/receive/FUDISS_thesis_000000000914 ; 1.09.2010
- Schnabl, S., Weippl, E.R. (2009). Screen Recording for E-Learning. In G. Siemens & C. Fulford (Eds.), Proceedings of World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications 2009 (pp. 1271-1277). Chesapeake, VA: AACE.
- Schnotz, W. (2001): Coceptual Change; in Rost, D.H. (Hrsg.): Handwörterbuch Pädagogische Psychologie; Beltz Verlag Weinheim
- Schnotz, W. (2002): Wissenserwerb mit Texten, Bildern und Diagrammen: In Issing L. J., Klimsa P. (Hrsg.): Information und Lernen mit Multimedia und Internet; Beltz Weinheim, 3.Auflage.
- Schnurer, K. & Mandl, H. (2004): Wissensmanagement und Lernen; in Reinmann, G. & Mandl, h. (2004): Psychologie des Wissensmanagement, Hogrefe Verlag Göttingen
- Schöne, C., Dickhäuser, O., Spinath, B. und Stiensmeier-Pelster, J. (2002). Skalen zur Erfassung des schulischen Selbstkonzepts (SESSKO); Hogrefe Göttingen
- Schulmeister, R. (2006): eLearning: Einsichten und Aussichten; Oldenbourg Wissenschaftsverlag München
- Schulmeister, R.(1996): Grundlagen hypermedialer Lernsysteme: Theorie - Didaktik - Design. Addison-Wesley; New York
- Schwarz, T. (2005): Molekulare Grundlagen der Hautalterung; ?; in Plewig, G. et al.(Hrsg.): Fortschritte der praktischen Dermatologie und Venerologie, Springer-Verlag Berlin, S. 557-561
- Schwarzer, R. (2004): Psychologie des Gesundheitsverhaltens; Hogrefe Göttingen
- Schweizer, K. (2006): Intelligenzdiagnostik; in Schweizer, K. (Hrsg.): Leistung und Leistungsdiagnostik; Springer Verlag Heidelberg
- Seckmeyer, G. (2008): Zusammenhang zwischen Klimawandel, Ozon und UV-Strahlung; in Kappas, M. (Hrsg.): Klimawandel und Hautkrebs, ibidem-Verlag Stuttgart
- Seiphold, M. (2009): Lernstildiagnose nach Kolb und Selbsterfahrung in Minipraxen; Sierke Verlag Göttingen
- Souvignier, E. & Rös, K. (2005): Lernstrategien und Lernerfolg bei komplexen Leistungsanforderungen. Analysen mit Fragebogen und Lerntagebuch; in: Artelt, C. & Moschner, B. (Hrsg.): Lernstrategien und Metakognition. Implikationen für Forschung und Praxis, Waxmann Münster
- Specht, M. (1998): Adaptive Methoden in computerbasierten Lehr/Lernsystemen; GMD – Forschungszentrum Informationstechnik GmbH. - Sankt Augustin (GMD Research Series ; 1998, No. 23), <http://publica.fraunhofer.de/eprints/urn:nbn:de:0011-b-731068.pdf>; Datum 2.12.2009.
- Spinath, B., Stiensmeier-Pelster, J., Schöne, C., Dickhäuser, O. (2002): Skalen zur Erfassung der Lern- und Leistungsmotivation (SELLMO); Hogrefe Göttingen
- Spiro, R.J., Coulson, R.L., Feltovich, P.J., Anderson, D. (1988). Cognitive flexibility theory: Advanced knowledge acquisition in ill-structured domains. In V. Patel (ed.), Proceedings of the 10th Annual Conference of the Cognitive Science Society. Hillsdale, NJ: Erlbaum
- Stachelscheid, K. & Hensen, T. (2000). Zum Gesundheitsbewusstsein von Schülerinnen und Schülern, unveröffentlichte Ergebnisse, Essen
- Stachelscheid, K., Hensen, T., Koch, A. (2005): Gesundheit - ein Thema für Jugendliche und Kinder?; in Pitton, A. (Hrsg.): Relevanz fachdidaktischer Forschungsergebnisse für die Lehrerbildung, Lit-Verlag, Münster
- Stachelscheid, K. & Kohnen, M. (2007): Individual Ways of Learning in a Multimedia Learning Enviroment, Tagungsband ESERA Conference, Malmö

- Stachelscheid, K. & Kohnen, M. (2008): Design-Based-Research – eine Perspektive für fachdidaktische Forschung: In Höttecke; D. (Hrsg.), Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Kompetenzen, Kompetenzmodelle, Kompetenzentwicklung, Lit.-Verlag, Berlin
- Stachelscheid, K. & Luse, B. (2004): Sonnenschutzbewusstsein in Australien und Deutschland; Chemie in der Schule Vol. 19 Nr.2, Salzburg
- Stachelscheid, K., Klenzendorf, E., Sprünken, F. (2001). Lernen mit Multimedia – Eine Untersuchung zum Thema ‚Ozon der Troposphäre‘. Chem. Sch. (Salzbg.) 16, Nr. 3, 5-9
- Stachelscheid, K., Kohnen, M. 2007b: Sunny - Ein Sonnenschutzprogramm für die Grundschule; Poster GDSU Tagung Kassel (unveröffentlicht)
- Stachelscheid, K., Luse, B. (2004). Sonnenschutz – Gesundheitsbewusstsein in Australien und Deutschland. Chem. Sch. 19, Nr.2, 5-10
- Staemmler, D. (2005): Lernstile und interaktive Lernprogramme; Deutscher Universitäts-Verlag Wiesbaden
- Stark, R. (2004). Eine integrative Forschungsstrategie zur anwendungsbezogenen Generierung relevanten wissenschaftlichen Wissens in der Lehr-Lern-Forschung. Unterrichtswissenschaft, Heft 3, 257ff.
- Stäudel, L. (2009a): Differenzieren im Chemieunterricht; Unterricht Chemie Nr. 111/112 S. 8-11
- Stäudel, L. (2009b): Aufgaben mit gestuften Hilfen; Unterricht Chemie Nr. 111/112 S72-75
- Steiner, D. & Lutz, B. (1995): Computereinsatz im Chemieunterricht; NiU-Chemie 6 Nr. 28 104-109
- Steiner, Gerhard (2006): Lernen und Wissenserwerb; in Krapp, A. und Weidenmann, B. (Hrsg.): Pädagogische Psychologie; Beltz Weinheim
- Stern, E., Grabner R., Schumacher R., Neuper, C. und Saalbach, H. (2007): Lehr-Lernforschung und Neurowissenschaften: Erwartungen, Befund und Forschungsperspektiven, BMBF Bonn, Berlin
- Sumfleth, E. & Hollstein, A. (1999): Entwicklung eines Simulationsprogramms für den Themenbereich Kugelteilchenmodell; Naturwissenschaften im Unterricht: Chemie, 10(53), 246-249
- Sumfleth, E. & Kummer, T. (2001): Lernen mit Hypertexten zur Einführung in einen Themenbereich: Beispiel Seife; Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 7, 147-165
- Sumfleth, E., Fischer, H. E., Glemnitz, I., Kauertz, A. (2006). Ein Modell vertikaler Vernetzung im naturwissenschaftlichen Unterricht. In A. Pitton (Hrsg.), Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Lehren und Lernen mit neuen Medien, Lit.-Verlag Münster
- Tausch, M. W. (Hrsg.) (2001). Themenheft „Lernsoftware“. PdN-ChiS 50, Nr. 7
- Tobinski, D. & Fritz, A. (2010): Lerntheorien und pädagogisches Handeln; in Fritz, A., Hussy, W., Tobinski, D.: Pädagogische Psychologie, UTB Ernst Reinhardt Verlag München
- Trautmann, M., Wischer, B. (2008): Das Konzept der Inneren Differenzierung - eine vergleichende Analyse der Diskussion der 1970er Jahre mit dem aktuellen Heterogenitätsdiskurs. In Meyer, M.A.; Prenzel M. & Hellekamps S. (Hrsg.), Perspektiven der Didaktik. (S. 159-172). Wiesbaden: VS Verl. für Sozialwiss.
- Unterbrunner, U. (2007): Multimedia-Lernen und Cognitive Load In Krüger, D. & Vogt, H. (Hrsg.): Theorien der biologiedidaktischen Forschung, Springer Berlin

- Urhahne, D., Prenzel, M., Davier, M. von, Senkbeil, M., Bleschke, M. (2000). Computereinsatz im naturwissenschaftlichen Unterricht – Ein Überblick über die pädagogisch-psychologischen Grundlagen und ihre Anwendung; Zeitschrift für die Didaktik der Naturwissenschaften, 6, 7-25.
- Van den Akker, J., Gravemeijer, K., McKenny, S., Nieven, N. (2006): Educational Design Research; Routledge London
- Vester, F. (2002): Lernen, Denken, Vergessen; Dt. Taschenbuch Verlag 29. Aufl. München
- von Aufschnaiter, C., von Aufschnaiter S. (2005): Über den Zusammenhang von Handeln, Wahrnehmen und Denken: In Voß, Reinhard (Hrsg.): Unterricht aus konstruktivistischer Sicht; Beltz Weinheim, 2.Auflage.
- von Aufschnaiter, S. & Welzel, M. (1997): Wissensvermittlung durch Wissensentwicklung; Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Heft 2, S. 43-58
- Vygotski, L. S. (1963): Learning and mental development at school age. In B. Simon und J. Simon (Hrsg.), Educational psychology in the U.S.S.R. (S. 21-34). London: Routledge and Kegan Paul.
- Wahl, D. (2006): Lernumgebungen erfolgreich gestalten; Klinkhardt Bad Heilbrunn
- Wallasch, M. & Steinmetz, M. (2008): Bundesweites solares UV-Monitoring: Messen, bewerten und unterrichten; ; in Kappas, Martin (Hrsg.): Klimawandel und Hautkrebs, ibidem-Verlag Stuttgart
- Walpuski, M., Kampa, N., Kauertz, A., Wellnitz, N. (2008): Evaluation der Bildungsstandards in den Naturwissenschaften. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, 61 (6), 323-326.
- Wang, F. & Hannafin, M. J. (2005): Design-Based Research and Technology-Enhanced Learning Environments; ETR&D, Vol. 53, No. 4, 2005, pp. 5–23
- Warbruck, F. (2008): Weiterentwicklung des multimedialen Lerntutorials “Sunexplorer” zur Förderung individuellen Lernens in der Chemie. Staatsexamensarbeit, unveröffentlicht
- Warbruck, F. & Stachelscheid, K. (2008): Der Sun-Explorer, Computerbasierte Lernumgebungen im Chemieunterricht. In D. Höttecke (Hrsg.), Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung. Lit. Verlag Berlin
- Warbruck, F. & Stachelscheid, K. (2009). Adaptive Learning Environment for Chemical Reactions . ESERA 2009 Conference Proceedings. Istanbul, Türkei.
URL: <http://www.esera2009.org/fulltextpaper.asp> - (Download 27.10.2009).
- Warbruck, F. & Stachelscheid, K. (2010). Adaptive Learning Environment for Chemical Reactions. In M.F. Taşar & G. Çakmakçı (Eds.), Contemporary Science Education Research: Learning and Assessment (pp. 425-430). Ankara: Pegem Akademi.
- Warbruck, F., Stachelscheid, K. (im Druck). ALiC - Adaptive Lernumgebung in Chemie. In D. Höttecke (Hrsg.), Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung. Lit. Verlag Berlin.
- Wechsler, D. (1956). Die Messung der Intelligenz Erwachsener; Hans Huber Verlag Bern
- Weidenmann, B. (2002): Multicodierung und Multimodalität im Lernprozess: In IssingL. J. und Klimsa P. (Hrsg.): Information und Lernen mit Multimedia und Internet; Beltz Weinheim, 3.Auflage.
- Weinert, F.E. (1997): Notwendige Methodenvielfalt: Unterschiedliche Lernfähigkeit der Schüler erfordern variable Unterrichtsmethoden des Lehrers; Friederich Jahresheft: Lernmethoden-Lehrmethoden-Wege zur Selbstständigkeit; Friederich Verlag Seeze S.50-52.
- Weinert, Franz E. (2001): Leistungsmessung in Schulen. Beltz Weinheim, S. 27 ff.
- Weiß, R.H. (1998): Grundintelligenztest Skala 2 CFT 20- Handweisung; Hogrefe 4. Aufl. Göttingen

- Wellenreuther, M. (2007): Lehren und Lernen - aber wie?; Schneider Verlag Hohengehren Baltmannsweiler
- WHO (1946): CONSTITUTION OF THE WORLD HEALTH ORGANISATION, online: <http://apps.who.int/gb/bd/PDF/bd47/EN/constitution-en.pdf> 20.07.2010
- Wild, E., Hofer, M., Pekrun, R. (2006): Psychologie des Lerner; in Krapp, A. und Weidenmann, B. (Hrsg.): Pädagogische Psychologie; Beltz Weinheim
- Wild, K.-P. (2001): Lernstrategien und Lernstile in Rost (Hrsg.): Handwörterbuch Pädagogische Psychologie; Beltz Verlag 2.Aufl. Weinheim
- Winter, F. (2006): Leistungsbewertung - Eine neue Lernkultur braucht einen anderen Umgang mit den Schülerleistungen- ; Schneider-Verl. 2. unveränd. Aufl. Hohengehren
- Zander, S., Brünken, R. (2006): Lernen mit neuen Medien in den Naturwissenschaften: In Pitton, A. (Hrsg.), Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik : Lehren und Lernen mit neuen Medien, Lit. Verlag Berlin.
- Zellner, Reinhard (2003): Erkenntnisse zum Ozonabbau in der Stratosphäre; Online Script Veröffentlichung http://www.uni-due.de/iptc/chemie_online/downloads/zellner_script3.pdf 25.06.2010
- Zentrum für Lehrerbildung (Hrsg.) (2008): Continuum- fachdidaktische Forschung – Lehr-Lernforschung; Schriftenreihe des Zentrums für Lehrerbildung, Heft 2 Universität Duisburg-Essen.
http://zlb.uni.due.de/zlb/documents/documents_downloads/broschuere_fachdidaktik_2008.pdf; Datum 10.12.2009
- Zumbach, J. & Rapp, A. (2001). Wissenserwerb mit Hypermedien: Kognitive Prozesse der Informationsverarbeitung. Osnabrücker Beiträge zur Sprachtheorie, 63, 27-44
http://zumbach.psi.uni-heidelberg.de/pubs/zumbach_journal_01.pdf 3.4.2010
- Zwingenberger, Anja (2009): Wirksamkeit multimedialer Lernmaterialien; Waxmann Münster

9.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1.1 Vereinfachtes Schema zum Lernen
Abbildung 2.2.1. Angebots-Nutzungsmodell nach Helmke
Abbildung 2.6.1 Unterschiedliche Lernweg-Perspektiven
Abbildung 2.6.4 Erweiterter Lernwegbegriff
Abbildung 3.2.1.1 Definition UV-Index
Abbildung 3.2.2.1 UV-Strahlung und deren Eindringtiefe in die Haut
Abbildung 3.2.2.2 Strukturformel von Melanin
Abbildung 3.2.2.3 Körperverteilung maligner Melanome
Abbildung 3.1.1 Verlauf der Anzahl der Krebserkrankungen
Abbildung 4.1.1 Ablaufschema Design Experiment
Abbildung 4.1.2 Zyklisches DBR Schema
Abbildung 5.2.1 DBR Skizze zur vorliegenden Studie
Abbildung 5.2.2 Überblick Untersuchungsinstrumente
Abbildung 6.1 Chronologischer Verlauf der Studien
Abbildung 6.1.1 Problemstellung
Abbildung 6.1.2 Wegweiser
Abbildung 6.1.4 Individuelles Interesse an den Medienformaten
Abbildung 6.1.5 Sichtstruktur Medienformat
Abbildung 6.1.6 Sichtstruktur Inhalt
Abbildung 6.1.7 Forscherheft

Abbildung 6.2.1 Übersichtsseite im Programm
Abbildung 6.2.2 Lernerfolg der Probandengruppe ohne Filmunterstützung
Abbildung 6.2.3 Lernerfolg der Probandengruppe mit Filmunterstützung
Abbildung 7.1.1 Ausschnitt aus der DBR-Skizze
Abbildung 7.1.2 Informationsquellen zum Sonnenschutz
Abbildung 7.2.1 Überblick Themenbereiche SunExplorer
Abbildung 7.2.2 Medien-Icons
Abbildung 7.2.3 Lisa und Tim
Abbildung 7.2.4 Übersicht zum Themenbereich Hauttypen
Abbildung 7.2.5 Film zum Thema Hauttypen
Abbildung 7.2.6 Simulation
Abbildung 7.2.7 Experiment Hauttyp
Abbildung 7.2.8 Textinformation Hauttypen
Abbildung 7.2.9 Aufgaben zum Hauttyp
Abbildung 7.2.10 Arbeitsplatz mit Experimentierbox
Abbildung 7.3.1 Lerntagebuch
Abbildung 7.4.1 Auswertungsschema der Hauptstudie
Abbildung 7.5.1 Pre-/Postvergleich Wichtigkeit/Interesse Gymnasium
Abbildung 7.5.2 Pre-/Postvergleich Wichtigkeit/Interesse Hauptschule
Abbildung 7.5.3 Pre-/Postvergleich Wissen Gymnasium
Abbildung 7.5.4 Pre-/Postvergleich Wissen Hauptschule
Abbildung 7.5.5 Schulformspezifischer Vergleich Wissen
Abbildung 7.6.1 Nutzungsschema im zeitlichen Verlauf
Abbildung 7.6.2 Medienorientierung und Strukturiertheit: ausgeglichen
Abbildung 7.6.3 Lernprofil Thorsten; rot-gestrichelte Linie: Trendlinie
Abbildung 7.6.4 Lernprofil Tamara; rot-gestrichelte Linie: Trendlinie
Abbildung 7.6.5 Lernprofil Tina; rot-gestrichelte Linie: Trendlinie

9.3 Tabellenverzeichnis

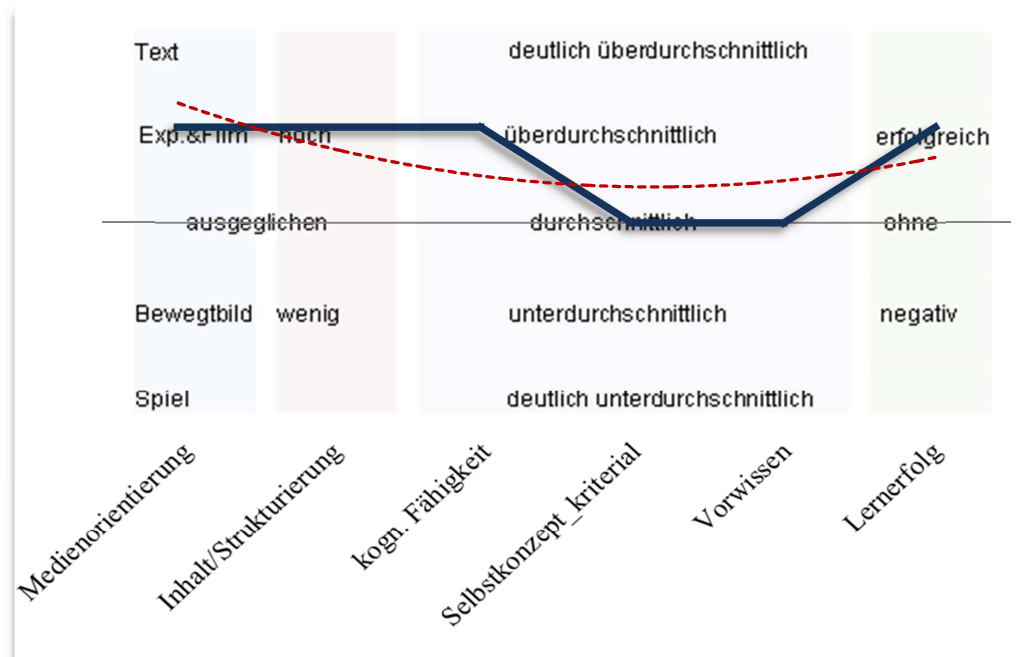
Tabelle 3.2.1.1 UV-Index Skala und Schutzmaßnahmen
Tabelle 3.2.2.1 Chromophore der Haut
Tabelle 3.2.2.2 Hauttypen I, III und VI
Tabelle 4.1 Vergleich psychologische Laborexperimente/ DBR
Tabelle 6.1.1 Inhaltliche Auswahlmöglichkeit (Phänomene)
Tabelle 6.2.1 Computernutzung
Tabelle 6.2.2 Experimentiererfahrung und Interesse
Tabelle 7.1 Computernutzungsverhalten
Tabelle 7.2.1 Inhalt der Experimentierbox
Tabelle 7.5.1 IQ-Werte und Altersverteilung GY/HS
Tabelle 7.5.2 Computernutzung GY/HS
Tabelle 7.5.3 Einschätzungen zur Lernumgebung
Tabelle 7.6.1 Typen der Medienorientierung
Tabelle 7.6.2 Verteilung der Medienorientierung
Tabelle 7.6.3 Medienorientierungen (webbasierte Version)
Tabelle 7.6.4 Typen der Strukturiertheit-Inhaltswahl
Tabelle 7.6.5 Typen der Strukturiertheit-Inhaltswahl
Tabelle 7.6.6 Kategorien - kognitiven Fähigkeiten

Tabelle 7.6.7 Kategorisierung des Vorwissens
Tabelle 7.6.8 Kategorisierung des Lernerfolgs
Tabelle 7.6.9 Kategorien der Lernprofilfaktoren
Tabelle 7.6.10 Verteilung der Trendlinientypen
Tabelle 7.6.11 Thorstens Ergebnisse SESSKO und SELLMO
Tabelle 7.6.12 Thorstens Selbsteinschätzungen
Tabelle 7.6.13 Tamaras Ergebnisse SESSKO und SELLMO
Tabelle 7.6.14 Tamaras Selbsteinschätzungen
Tabelle 7.6.15 Tinas Ergebnisse SESSKO und SELLMO
Tabelle 7.6.16 Tinas Selbsteinschätzungen
Tabelle 7.6.17 Lerntagebucheinträge Tina
Tabelle 7.6.18 Pre-/Postestvergleich Tina

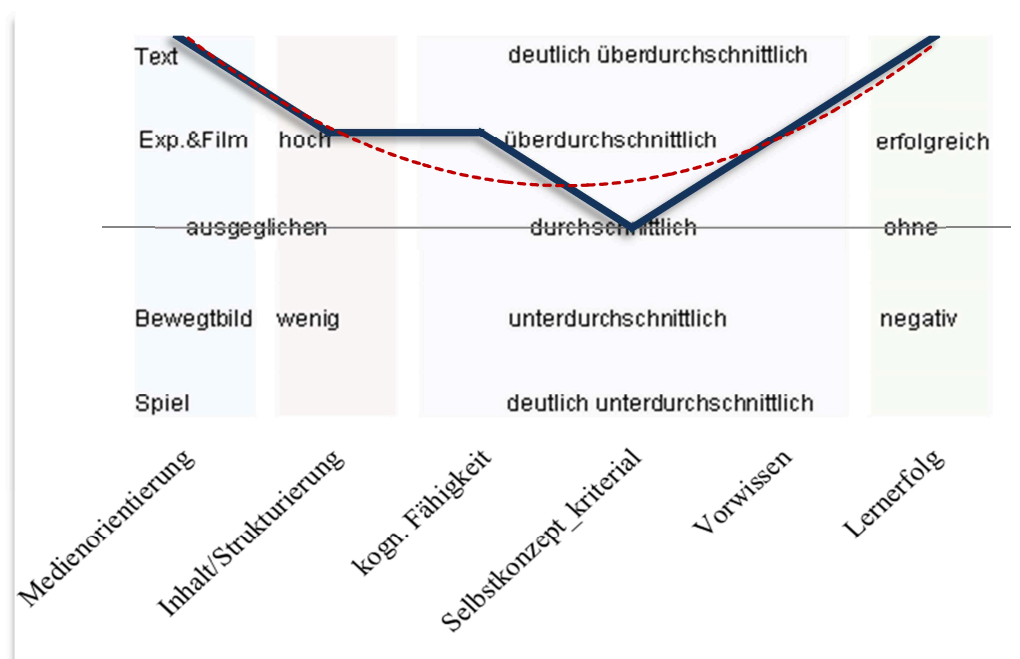
10 Anhang

10.1 Lernprofile

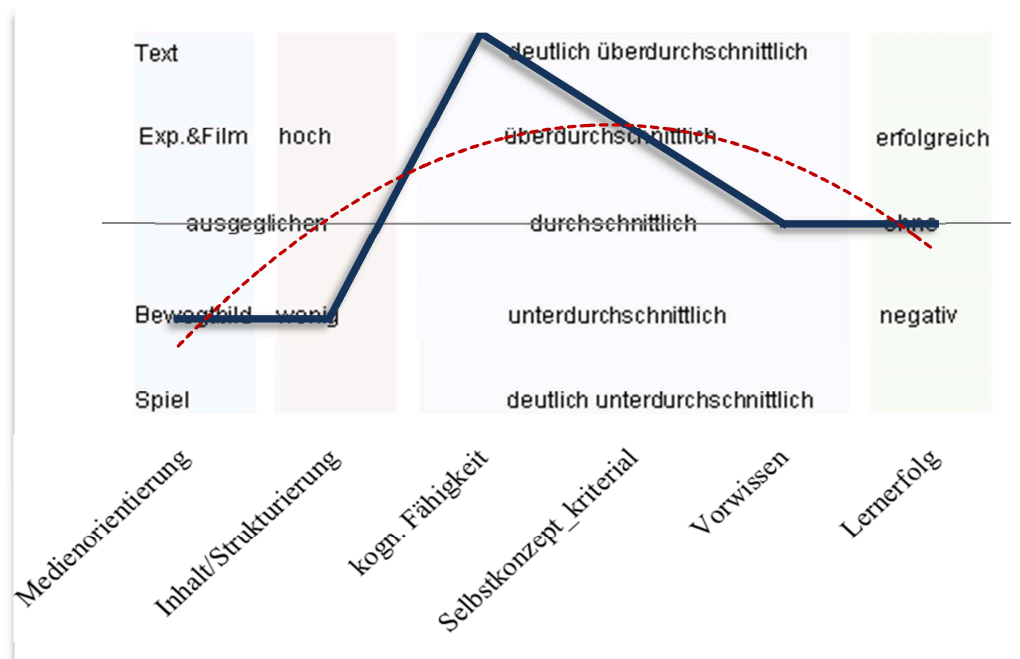
Helga



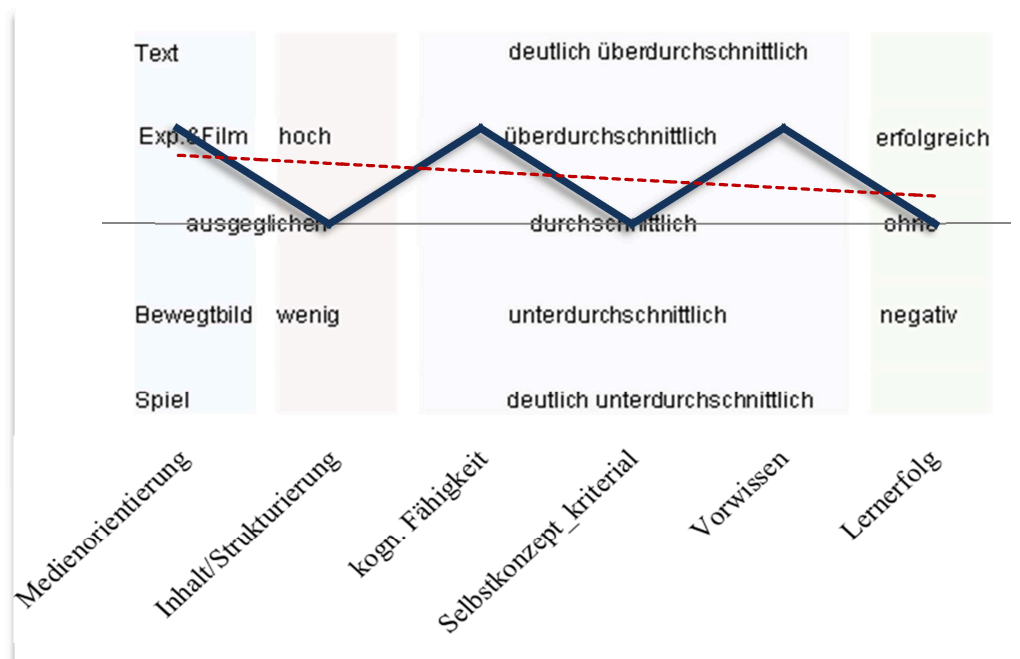
Christina



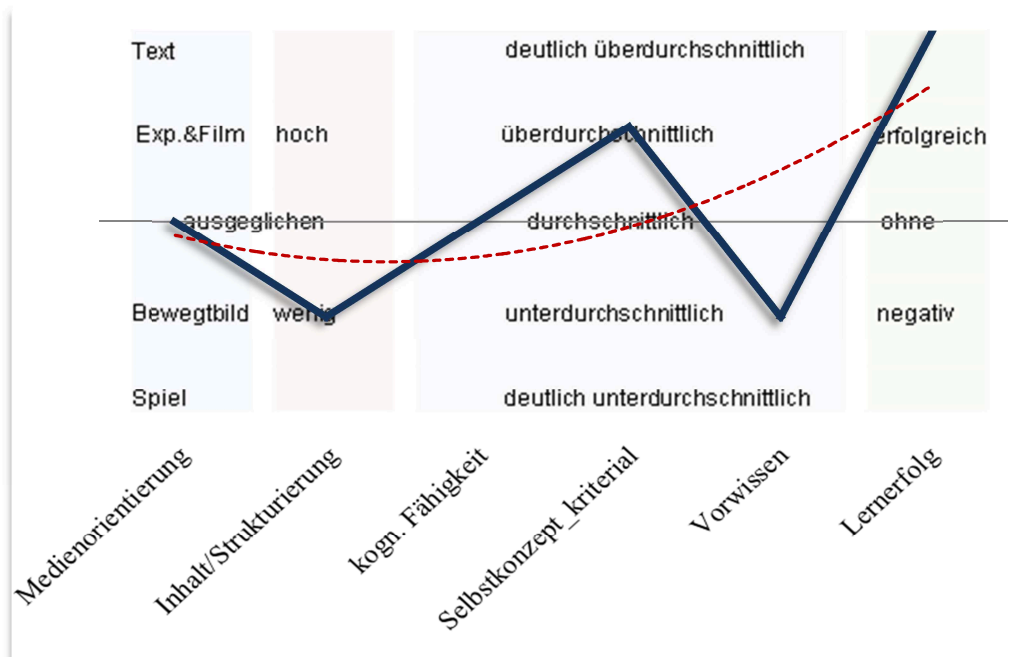
Nico



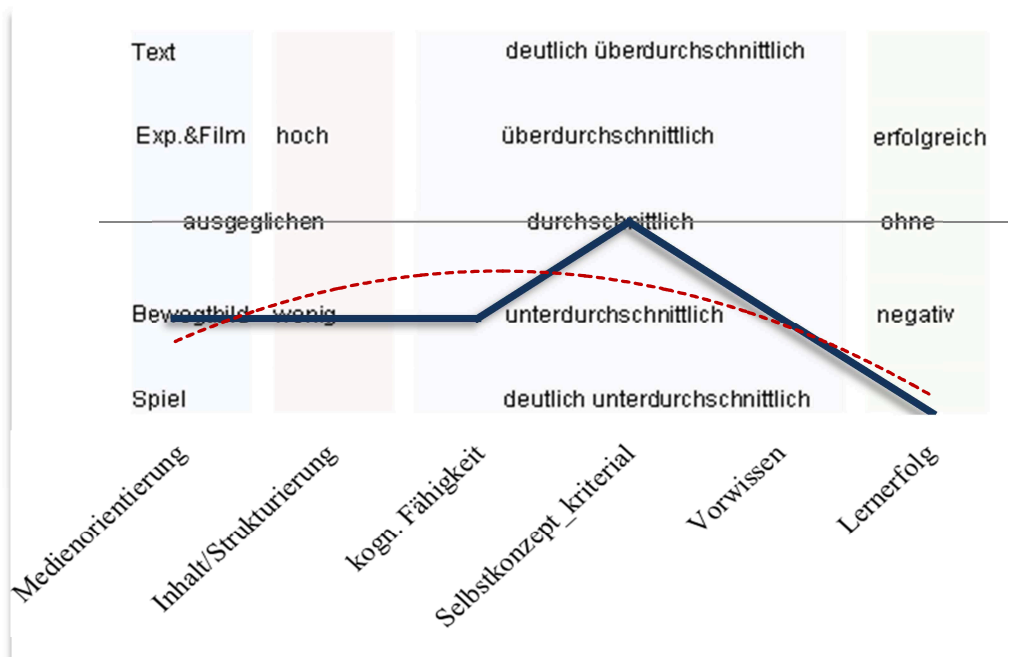
Monika



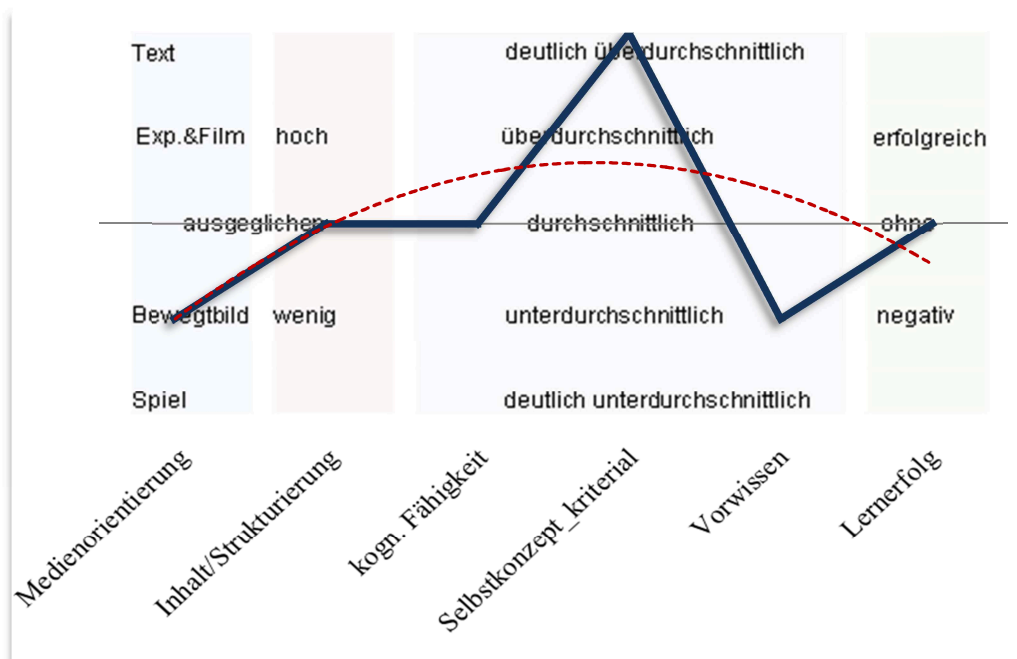
Peter



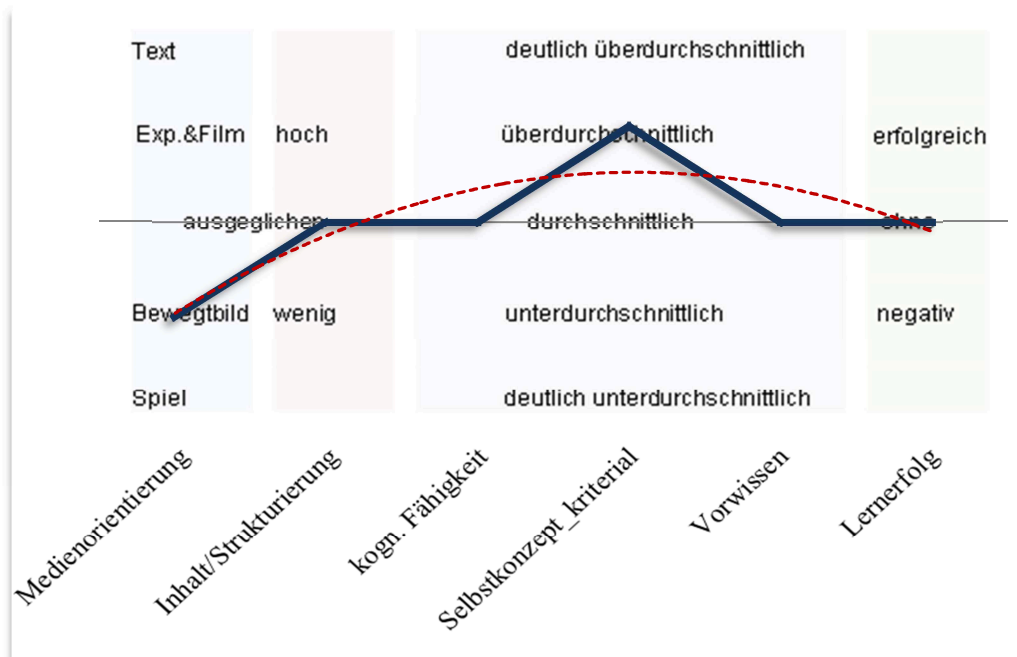
Sven



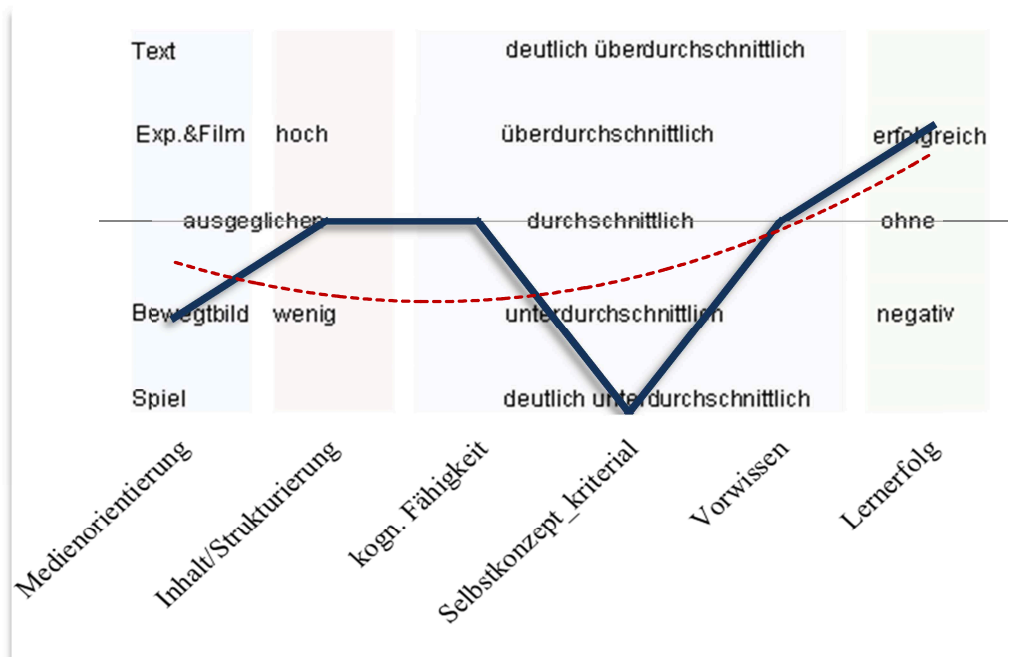
Nadja



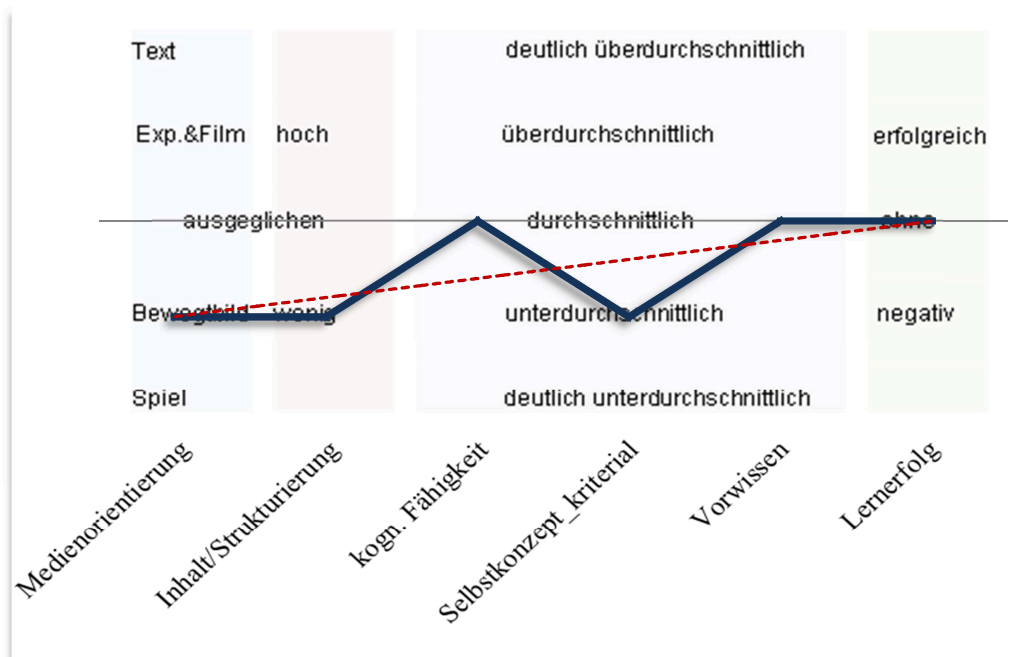
Dirk



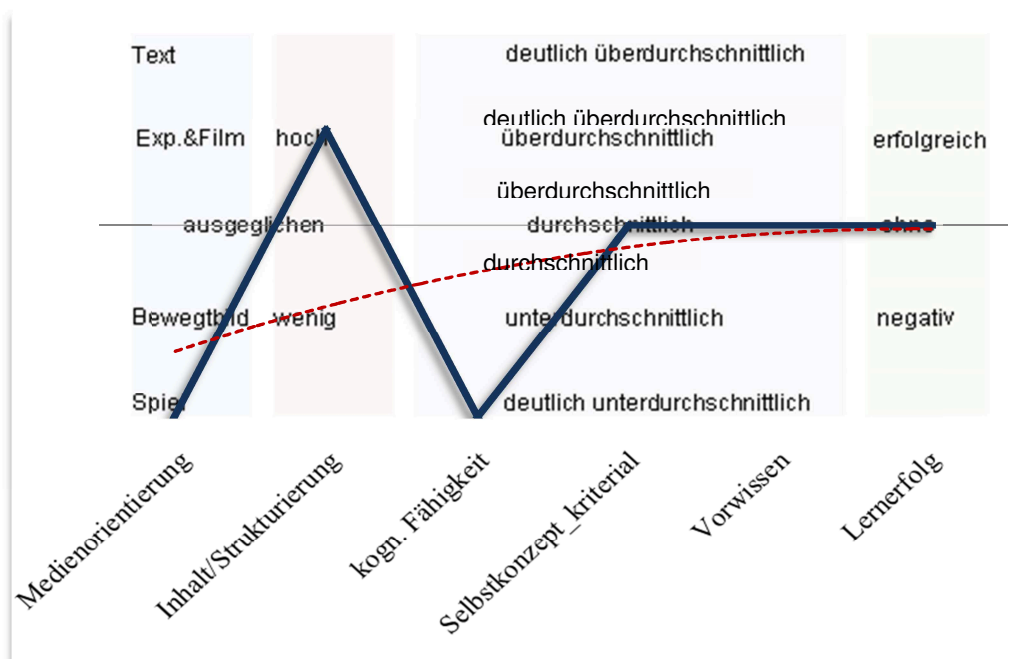
Nina



Klaus



Laura



10.2 Testhefte Teilchenbewegung

Forscherheft

Forscherheft

Name: _____

Computer: _____



Was passiert mit dem Wasser aus dem Glas?

Ideen/Notizen

Anmerkung: Es stand eine weitere Seite für Ideen/Notizen zur Verfügung. Die Fragestellung musste zu Beginn beantwortet werden.

Posttest

Fragen

Name: _____

Computer: _____

Was passiert mit dem Wasser aus dem Glas?

Was passiert, wenn die Temperatur erhöht wird?

Fragen zum Programm**Wie gefiel dir insgesamt das Programm?**☐ sehr gut ☐ gut ☐ weniger gut ☐ gar nicht**Wie gefielen dir die Figuren?**☐ sehr gut ☐ gut ☐ weniger gut ☐ gar nicht**Wie gefiel das Thema des Programms?**☐ sehr gut ☐ gut ☐ weniger gut ☐ gar nicht**Was gefiel dir besonders gut (am Programm)?**

Was gefiel dir gar nicht (am Programm)?

Was könnte besser sein (am Programm)?

Was interessierte dich am Stärksten.

Stelle eine Reihenfolge auf (1= besonders stark, .., 4= besonders wenig)?

_____ Texte

_____ Experimente (selbst durchgeführt)

_____ Animationen

_____ Filme

Glaubst du, dass du etwas gelernt hast?

☐ Sehr viel ☐ viel ☐ wenig ☐ gar nichts

Wie schwer fandest du das Programm?

☐ zu leicht ☐ leicht ☐ schwer ☐ zu schwer

Würdest du gerne öfter diese Art von Unterricht mitmachen?

☐ ja ☐ nein

Wie oft machst du etwas am Computer (täglich, wöchentlich..)?

Was machst du am Computer?

Möchtest du noch etwas anmerken?



Vielen Dank!!!

10.3 Testhefte Löseverhalten

Pretest

Liebe Schülerin/lieber Schüler,

bitte beantworte folgende Fragen so gut wie du kannst. Du kannst keine Fehler machen, weil dies kein Test ist. Alles was du in diesen beiden Stunden machst und beantwortest bleibt anonym.

Hast du schon einmal experimentiert?

Ja ☐ nein ☐

→ Wenn ja, wo? (du kannst auch mehrere Kreuze machen)

Kindergarten ☐ Grundschule ☐ Gymnasium ☐

zu Hause ☐ → mit wem? alleine ☐ mit Eltern ☐ mit Freunden ☐

Besitzt du einen Experimentierkasten (z.B. Kosmos Chemiekasten...)?

Ja ☐ nein ☐



Wie oft bist du am Computer?

-Spielecomputer: nie ☐ täglich ☐ mehr als 2x/Woche ☐ weniger als 2x/Woche ☐

-PC: nie ☐ täglich ☐ mehr als 2x/Woche ☐ weniger als 2x/Woche ☐

Interessierst du dich für Naturwissenschaften?

Ja ☐ nein ☐

→ Wenn ja, was?

Was passiert, wenn du Zucker in Wasser gibst?

Instruktionen (Paper-Version)



Experimente

Teil A

Vorsichtig arbeiten und
Schutzbrille tragen!

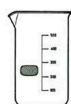
1. Nimm bitte das erste Becherglas und fülle es bis zur Hälfte mit Wasser. Anschließend gibst du die **Kaliumpermanganat-Kristalle** hinzu. Beobachte was passiert und schreibe deine Beobachtungen auf:

2. Nimm bitte das zweite Becherglas und fülle es bis zur Hälfte mit Wasser. Anschließend gibst du die **Eisenchlorid-Kristalle** hinzu. Beobachte was passiert und schreibe deine Beobachtungen auf:

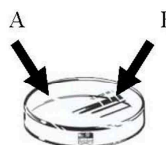
3. Nimm bitte das dritte Becherglas und fülle es bis zur Hälfte mit Wasser. Anschließend gibst du die **Kristalle des gelben Blutlaugensalzes** hinzu. Beobachte was passiert und schreibe deine Beobachtungen auf:

4. Diesmal nimmst du eine Petrischale und füllst sie wieder mit Wasser. Auf der Seite A gibst du **Eisenchlorid-Kristalle** und an die B Seite **Kristalle des gelben Blutlaugensalzes**. Beobachte was passiert und schreibe deine Beobachtungen auf:

Becherglas



Petrishale



Anmerkung: Die Abbildungen (Becherglas / Petrischale) sollten eine bieten, da die Schüler die Begrifflichkeiten nicht kannten.
Beobachtungen konnten auf der Rückseite notiert werden.

Posttest

zum guten Schluss



Was glaubst du passiert, wenn...

a) ...du Kochsalz in Wasser gibst?

b) ...du Kochsalz in Öl gibst?

Wie haben dir die Experimente gefallen?

gut ☐ ☐ ☐ ☐ weniger gut

Wie haben dir die Filme gefallen?

gut ☐ ☐ ☐ ☐ weniger gut

Haben dir die Filme geholfen?

gut ☐ ☐ ☐ ☐ weniger gut

Wie hat dir das Computerprogramm gefallen?

gut ☐ ☐ ☐ ☐ weniger gut

Vielen Dank für dein Mitmachen ☺ !

10.4 Fragebogen Sonnenschutz



Institut für die Didaktik der Chemie

Fragebogen M.Kohnen



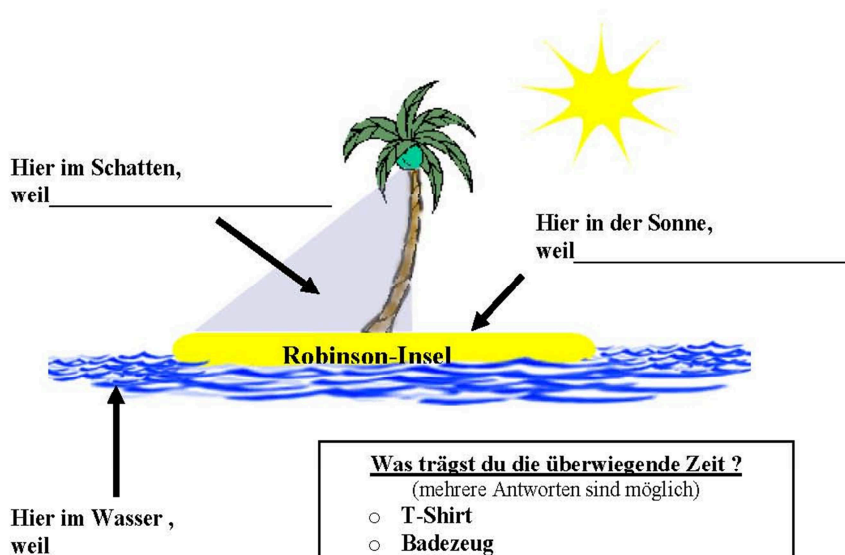
Hallo,
du nimmst mit diesem Fragebogen an einer wissenschaftlichen Untersuchung teil. Bitte beantworte alle Fragen so gut du kannst.
Du brauchst keine Bedenken zu haben, dass du etwas falsch machen kannst.
Du bleibst völlig anonym.

Du bist ein

Junge ☐ Mädchen ☐

Alter _____

Stell dir vor, du darfst den ganzen Tag bei intensivem Sonnenschein auf der Insel Robinson bleiben, wo hältst du dich die meiste Zeit auf ?



Was trägst du die überwiegende Zeit ?

(mehrere Antworten sind möglich)

- ☐ T-Shirt
- ☐ Badezeug
- ☐ Kappe oder Hut
- ☐ Hose (lang)
- ☐ Hose (kurz)
- ☐ Schuhe
- ☐ Sonnenbrille
- ☐ Sonnencreme

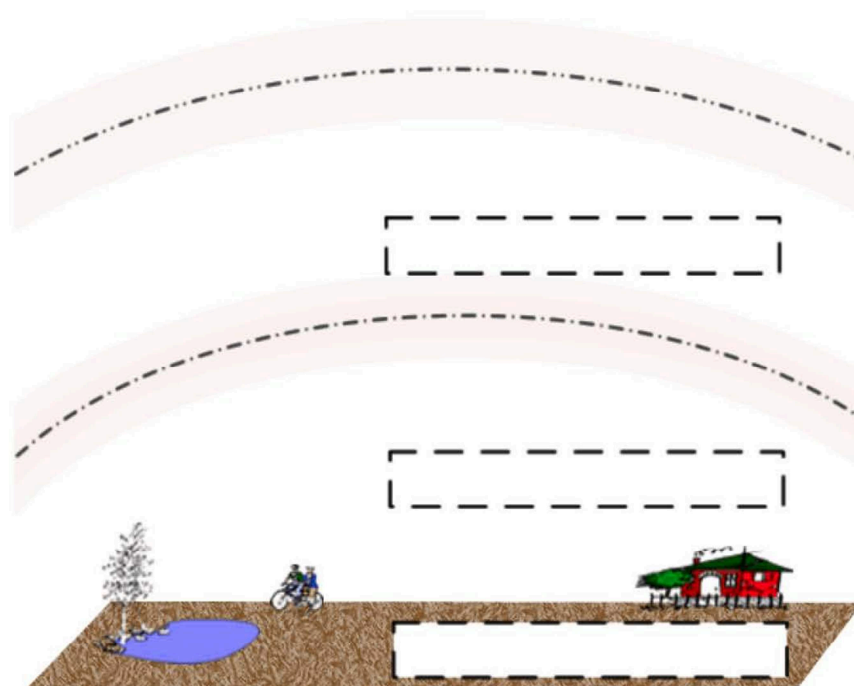
Trage folgende Begriffe an der richtigen Stelle in der Abbildung ein:

Troposphäre

Erdoberfläche

Stratosphäre

Zeichne bitte zusätzlich die Strahlung und die Ozonschicht in die Abbildung ein.



Welche Strahlungsarten kennst du? (mehrere Antworten möglich)

	kenne ich	kenne ich nicht
Ultraviolette-Strahlung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sichtbare Strahlung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Infrarot-Strahlung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Röntgen-Strahlung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

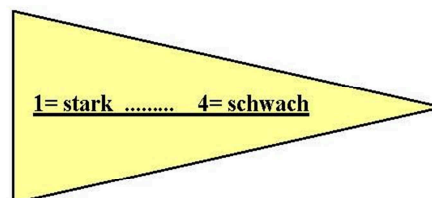


Institut für die Didaktik der Chemie

Fragebogen M.Kohnen

Kannst du diese Strahlungsarten nach ihrer Stärke sortieren?

Stärke
Ultraviolette-Strahlung
Sichtbare Strahlung
Infrarot-Strahlung
Röntgen-Strahlung



Woher kommen die Strahlen?

☐ weiß ich nicht

Woraus besteht weißes Licht?

☐ weiß ich nicht

Wie entstehen die Farben des Regenbogens?

☐ weiß ich nicht





Institut für die Didaktik der Chemie

Fragebogen M.Kohnen

Was bewirkt die Ozonschicht?

(mehrere Antworten möglich)

- ☐ sie schützt vor der ultravioletten Strahlung
- ☐ durch sie wird die Luft im Sommer schlecht
- ☐ durch sie wird der Himmel blau
- ☐ weiß ich nicht

Was passiert, wenn ein Mensch sich längere Zeit in intensiver Sonnenstrahlung aufhält?

(mehrere Antworten möglich)

- ☐ er wird schön braun
- ☐ er bekommt einen Sonnenstich
- ☐ er bekommt Hunger
- ☐ er bekommt einen Sonnenbrand
- ☐ er fängt an zu schmelzen
- ☐ er muss viel schwitzen
- ☐ er kann Hautkrebs bekommen
- ☐ weiß ich nicht
- ☐



Warum könnte es für einen Mensch gut sein, ein Sonnenbad zu nehmen?

- ☐ weiß ich nicht

Wie wichtig ist es auf Sonnenschutz zu achten, um gesund zu bleiben?

(nur eine Antwort möglich)

Sehr wichtig ☐ wichtig ☐ weniger wichtig ☐ unwichtig ☐

Warum bekommen manche Menschen schnell einen Sonnenbrand, andere (erst viel später oder gar) nicht?

- ☐ weiß ich nicht



Institut für die Didaktik der Chemie

Fragebogen M.Kohnen

Was passiert mit deiner Haut, wenn sie braun wird?

Wann musst du Sonnencreme benutzen?


☐ beim Ski fahren

☐ am Strand

☐ in der Wüste

☐ nur im Urlaub

☐ in der Nacht

☐ beim Schwimmen im Meer

☐ im Hallenbad

☐ nie


Was bedeutet die Zahl auf der Sonnenmilchflasche?



Wie lange wirkt der Schutz vor der Sonne durch eine Sonnenmilch?

☐ weiß ich nicht



Institut für die Didaktik der Chemie

Fragebogen M.Kohnen

Hast du schon einmal Informationen zum Thema Sonnenschutz bekommen?

- ☐ im Unterricht der Grundschule
☐ im Unterricht an dieser Schule
☐ zu Hause
☐ im Internet
☐ noch nie
☐ _____

Möchtest du das Thema Sonnenschutz im Unterricht behandeln?ja ☐ nein ☐**Wie interessant findest du das Thema Sonnenschutz?**sehr interessant ☐ interessant ☐ weniger interessant ☐**Was würde dich beim Thema Sonnenschutz besonders interessieren?**

**Wie oft machst du etwas am Computer?**

- ☐ nie
☐ weniger als 1 mal pro Woche
☐ 1-2 mal pro Woche
☐ mehr als 2 mal pro Woche
☐ täglich

Kannst du mit der Mouse (zum Beispiel: Fenster öffnen/schließen) umgehen?Ja ☐ Nein ☐

Vielen Dank für deine Mitarbeit an meiner wissenschaftlichen Untersuchung.
Du bist eine große Hilfe gewesen!

Marcus Kohnen

10.5 Testhefte SunExplorer

Pretest (ohne CFT-20, SELMO, SESSKO)



Didaktik der Chemie

A01



Hallo,

du nimmst mit diesem Fragebogen an einer wissenschaftlichen Untersuchung teil.
Bitte beantworte alle Fragen so gut du kannst.

Du brauchst keine Bedenken zu haben, dass du etwas falsch machen kannst. Das ist
kein Schultest für den du eine Note bekommst ☺

Du bist ein

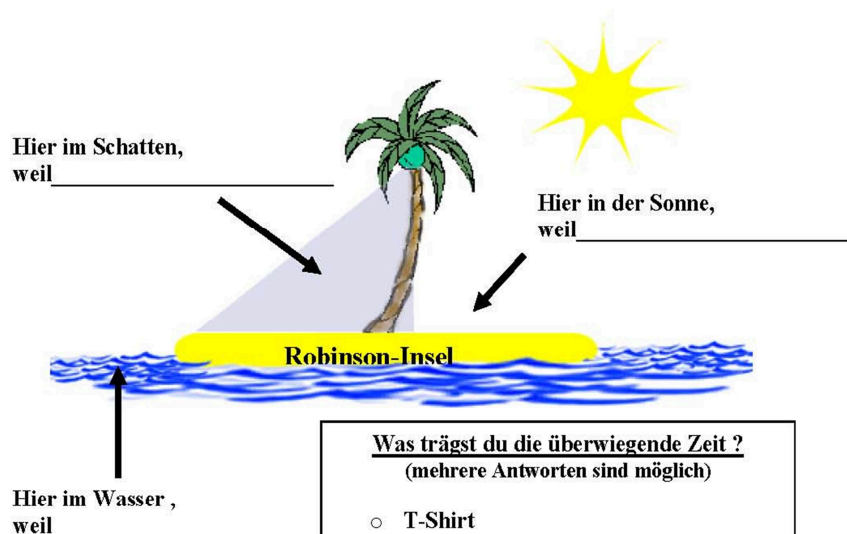
Junge ☐ Mädchen ☐

Alter _____

Teil A

1) Stell dir vor, du darfst den ganzen Tag bei intensivem Sonnenschein auf der Insel Robinson

bleiben, wo hältst du dich die meiste Zeit auf? (nur eine Antwort)



Was trägst du die überwiegende Zeit ?
(mehrere Antworten sind möglich)

- ☐ T-Shirt
- ☐ Badezeug
- ☐ Kappe oder Hut
- ☐ Hose (lang)
- ☐ Hose (kurz)
- ☐ Sandalen (oder Badeschuhe)
- ☐ Schuhe (z.B. Turnschuhe)
- ☐ Sonnenbrille
- ☐ Sonnencreme

2) Woher kommen folgende Strahlen?

	weiß ich nicht	von einem technischen Gerät	von der Sonne	aus der Erde
Ultraviolette-Strahlung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sichtbare Strahlung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Infrarot-Strahlung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Röntgen-Strahlung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3) Was entsteht, wenn man die Farben des Regenbogens miteinander mischt?

- ☐ weiß ich nicht ☐ weißes Licht ☐ buntes Licht ☐ schwarzes Licht

4) Was bewirkt die Ozonschicht? (mehrere Antworten möglich)

- ☐ sie schützt vor der ultravioletten Strahlung
☐ durch sie wird die Luft im Sommer schlecht
☐ durch sie wird der Himmel blau
☐ weiß ich nicht

5) Was passiert, wenn ein Mensch sich längere Zeit und wenig bekleidet in intensiver Sonnenstrahlung aufhält? (mehrere Antworten möglich)

- ☐ er wird schön braun
☐ er bekommt einen Sonnenstich
☐ er bekommt Hunger
☐ er bekommt einen Sonnenbrand
☐ er fängt an zu schmelzen
☐ er muss viel schwitzen
☐ er kann Hautkrebs bekommen
☐ weiß ich nicht

**6) Wie wichtig ist es deiner Meinung nach auf Sonnenschutz zu achten, um gesund zu bleiben? (nur eine Antwort möglich)**

- Sehr wichtig ☐ wichtig ☐ weniger wichtig ☐ unwichtig ☐



Didaktik der Chemie

A01

7) Warum bekommen manche Menschen schnell einen Sonnenbrand, andere (erst viel später oder gar) nicht?

☐ weiß ich nicht

8) Wann musst du Sonnencreme benutzen? (mehrere Antworten möglich)

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> beim Ski fahren | <input type="checkbox"/> am Strand |
| <input type="checkbox"/> in der Wüste | <input type="checkbox"/> nur im Urlaub |
| <input type="checkbox"/> in der Nacht | <input type="checkbox"/> beim Schwimmen im Meer |
| <input type="checkbox"/> im Hallenbad | <input type="checkbox"/> nie |

9) Was bedeutet die Zahl auf der Sonnenmilchflasche?



☐ weiß ich nicht

10) Wie interessant findest du das Thema Sonnenschutz?

sehr interessant ☐ interessant ☐ weniger interessant ☐ uninteressant ☐

11) Wie oft machst du etwas am Computer?

- ☐ nie ☐ weniger als 1 mal pro Woche
- ☐ 1-2 mal pro Woche ☐ mehr als 2 mal pro Woche ☐ täglich

12) Wie häufig nutzt folgende Computerprogramme? Gebe entsprechende Ziffern an:

3= oft 2= gelegentlich 1= selten 0= nie

Spiele _____ Lernprogramme _____ Schreiben _____ Email _____ Internet _____

Stopp!
Bitte erst weiterblättern, wenn dazu aufgefordert wurde!

Posttest



Didaktik der Chemie

A01



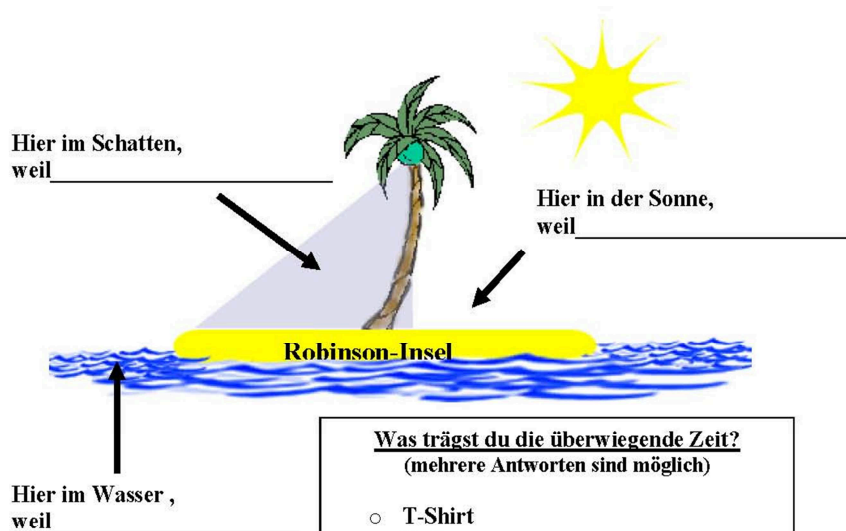
Hallo,

bitte beantworte alle Fragen so gut du kannst.

Du brauchst keine Bedenken zu haben, dass du etwas falsch machen kannst. Das ist kein Schultest für den du eine Note bekommst ☺.

Du bist einJunge ☐ Mädchen ☐

Alter _____

Teil A1) Stell dir vor, du darfst den ganzen Tag bei intensivem Sonnenschein auf der Insel Robinsonbleiben, wo hältst du dich die meiste Zeit auf? (nur eine Antwort)

Was trägst du die überwiegende Zeit?
(mehrere Antworten sind möglich)

- ☐ T-Shirt
- ☐ Badezeug
- ☐ Kappe oder Hut
- ☐ Hose (lang)
- ☐ Hose (kurz)
- ☐ Sandalen (oder Badeschuhe)
- ☐ Schuhe (z.B. Turnschuhe)
- ☐ Sonnenbrille
- ☐ Sonnencreme

2) Woher kommen folgende Strahlen?

	weiß ich nicht	von einem technischen Gerät	von der Sonne	aus der Erde
Ultraviolette-Strahlung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sichtbare Strahlung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Infrarot-Strahlung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Röntgen-Strahlung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3) Was entsteht, wenn man die Farben des Regenbogens miteinander mischt?

- ☐ weiß ich nicht ☐ weißes Licht ☐ buntes Licht ☐ schwarzes Licht

4) Was bewirkt die Ozonschicht? (mehrere Antworten möglich)

- ☐ sie schützt vor der ultravioletten Strahlung
☐ durch sie wird die Luft im Sommer schlecht
☐ durch sie wird der Himmel blau
☐ weiß ich nicht

5) Was passiert, wenn ein Mensch sich längere Zeit und wenig bekleidet in intensiver Sonnenstrahlung aufhält? (mehrere Antworten möglich)

- ☐ er wird schön braun
☐ er bekommt einen Sonnenstich
☐ er bekommt Hunger
☐ er bekommt einen Sonnenbrand
☐ er fängt an zu schmelzen
☐ er muss viel schwitzen
☐ er kann Hautkrebs bekommen
☐ weiß ich nicht

**6) Wie wichtig ist es deiner Meinung nach auf Sonnenschutz zu achten, um gesund zu bleiben? (nur eine Antwort möglich)**

- Sehr wichtig ☐ wichtig ☐ weniger wichtig ☐ unwichtig ☐



Didaktik der Chemie

A01

7) Warum bekommen manche Menschen schnell einen Sonnenbrand, andere (erst viel später oder gar) nicht?

☐ weiß ich nicht

8) Wann musst du Sonnencreme benutzen? (mehrere Antworten möglich)

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> beim Ski fahren | <input type="checkbox"/> am Strand |
| <input type="checkbox"/> in der Wüste | <input type="checkbox"/> nur im Urlaub |
| <input type="checkbox"/> in der Nacht | <input type="checkbox"/> beim Schwimmen im Meer |
| <input type="checkbox"/> im Hallenbad | <input type="checkbox"/> nie |

9) Was bedeutet die Zahl auf der Sonnenmilchflasche?



☐ weiß ich nicht



Didaktik der Chemie

A01

Teil B**10) Wie interessant findest du das Thema Sonnenschutz?**sehr interessant ☐ interessant ☐ weniger interessant ☐ uninteressant ☐**11) Wie gefiel dir insgesamt die Lernumgebung (Computerprogramm & Experimente)?**sehr gut ☐ gut ☐ weniger gut ☐ gar nicht ☐

Warum?

12) Glaubst du, dass du durch die Arbeit mit der Lernumgebung etwas gelernt hast?sehr viel ☐ viel ☐ mittelmäßig viel ☐ wenig ☐ nichts ☐**13) Glaubst du im „normalen Unterricht“ hättest du mehr oder weniger gelernt?**mehr ☐ gleich viel ☐ weniger ☐**14) Was hast du in der Lernumgebung gerne oder weniger gerne gemacht?**

Vergebe bitte folgende Ziffern, zum Beispiel: Experimente sehr gerne = 4,

Filme weniger gerne = 2

[4 = sehr gerne, 3 = gerne, 2 = weniger gerne, 1 = ungern]

Experimente: ____ Filme: ____ Texte: ____ Animationen: ____ Spiele: ____ Aufgaben: ____

Was hat dir besonders gut gefallen? _____

Warum? _____

Was hat dir besonders wenig gefallen? _____

Warum? _____



Didaktik der Chemie

A01

Du könntest ja selbst entscheiden, was du in der Lernumgebung machen möchtest.

15) Ist dir die Auswahl, was du machen möchtest leicht oder schwer gefallen?

sehr leicht ☐ leicht ☐ nicht leicht/nicht schwer ☐ schwer ☐ sehr schwer ☐

Warum?

16) Hätte es dir besser gefallen, wenn du mehr/weniger Anweisungen bekommen hättest, was du tun sollst oder was du nicht tun sollst?

mehr Anweisungen ☐ die Anweisungen waren genau richtig ☐ weniger Anweisungen ☐

17) Wie gefiel dir die Arbeit mit dem Lerntagebuch?

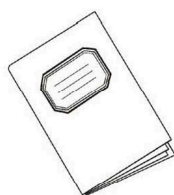
sehr gut ☐ gut ☐ weniger gut ☐ gar nicht ☐

Warum?

18) Hier kannst du noch Fragen, Anregungen oder einen Kommentar hinschreiben (freiwillig)

10.6 Lerntagebuch zum SunExplorer

Mein Lerntagebuch



Name: _____

Klasse: _____

Das Lerntagebuch wird nicht benotet, es wird nicht angestrichen und nicht verbessert. Es gibt keine richtigen oder falschen Ideen! Es ist wichtig, dass du ehrlich dein Vorgehen und deine Entdeckungen beschreibst.

Du hast für jeden Projekttag mehrere Seiten, in denen du etwas zu Deiner Entdeckungsreise eintragen kannst. Spätestens gegen Ende des Tages, solltest du etwas in das Kästchen für deine Freundin/deinen Freund schreiben.

Datum: _____

Meine Entdeckungsreise

Station (Kreuze an!):

- Sonnebrand ☐ Sonnenschutz ☐ Licht & UV-Strahlen ☐
 Sonnenspezialisten ☐ Atmosphäre & Ozon ☐ Hauttypen ☐

Hier kannst du deine Beobachtungen und Notizen aufschreiben:

 (Schreibe  oder zeichne  deine Beobachtungen und Ideen auf.)


Was hast du gemacht, was hast du nicht gemacht? Warum?

Ideenbox:
 Film oder Animation
 angesehen, gelesen,
 experimentiert, zuerst,
 danach, weil, darum,
 deshalb, ...

Was hat dir gefallen, was hat dir nicht gefallen? Warum?
**Hattest du irgendwo Schwierigkeiten? Wie hast du dir geholfen?**

Anmerkung: Diese Seite lag mehrfach vor (10x).

Was möchte ich meiner Freundin/ meinem Freund erzählen?

Versuche dein Vorgehen und deine Entdeckungen genau zu beschreiben.



Heute habe ich im Projekt ..

(Kreuze an!)

... viel gelernt ☐

... wenig gelernt ☐

... viel Spaß gehabt ☐

... wenig Spaß gehabt ☐

10.7 Publikationen

Kohnen, Marcus & Stachelscheid, Karin (2006):

„Lernwege in einer multimedialen Lernumgebung.“ in: Höttecke, Dietmar (Hrsg.): Jahrbuch der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich, 376-378

Kohnen, Marcus & Stachelscheid, Karin (2007):

„Design-Based-Research – eine Perspektive für fachdidaktische Forschung.“ in: Höttecke, Dietmar (Hrsg.): Jahrbuch der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Kompetenzen, Kompetenzmodelle, Kompetenzentwicklung, 71-73

Kohnen, Marcus & Stachelscheid, Karin (2007): “Individual Ways of Learning in a Multimedia Learning Environment - A Design-Research Project -”, Beitrag zur Konferenz der ESERA in Malmö, August 2007

Kohnen, Marcus & Stachelscheid, Karin (2008): “Individual Learning Profiles: Learning in a Multimedia Learning Environment”, Beitrag zur Konferenz der ECER in Göteborg, September 2008

Kohnen, Marcus (2011): Design-Based-Research. Eine grundlegende Forschungsperspektive für die fachdidaktische Unterrichtsforschung in den Naturwissenschaften; in Gläser-Zikuda et al.: Mixed Methods in der empirischen Bildungsforschung, in Vorbereitung, Herbst 2011
Waxmann-Verlag

10.8 Vorträge

Kohnen, Marcus & Stachelscheid, Karin (2006):

„Integratives Konzept zur Steigerung der Medienkompetenz von Lehramtsstudierenden“
Vortrag, E-University Workshop: E-Learning in den Naturwissenschaften, Mathematik, Medizin, Universität Duisburg-Essen

Kohnen, Marcus & Stachelscheid, Karin (2006):

„Lernwege in einer multimedialen Lernumgebung zur Teilchenbewegung“
Vortrag, GDGP-Jahrestagung, Bern

Kohnen, Marcus & Stachelscheid, Karin (2007)

„Untersuchungen zum Lernen mit Multimedialen Lernumgebungen“
Vortrag, 9. Europäischer Chemie-Lehrerkongress, VCÖ, Leoben

Kohnen, Marcus; Stachelscheid, Karin (2007)

„Individual Ways of Learning in a Multimedia Learning Environment
- A Design-Research Project -“
Postersymposium, ESERA Conference, Malmö

Kohnen, Marcus; Stachelscheid, Karin (2007)

„Design-Based-Research – eine Perspektive für fachdidaktische Forschung“

Vortrag, GDGP-Jahrestagung, Essen

Kohnen, Marcus (2007): Vom integrativen Konzept zur Steigerung der Medienkompetenz von

Lehramtsstudierenden zum Netzwerk Schulpraktikum, Vortrag zum Finale des E-Learning

Awards (ELA), Universität Duisburg-Essen

Kohnen, Marcus (2010): Design-Based Research – eine grundlegende Forschungsperspektive für die fachdidaktische Unterrichtsforschung in den Naturwissenschaften

Vortrag, 74. Tagung der AEPF „Mixed Methods in der empirischen Bildungsforschung“, Jena

Kohnen, Marcus; Stachelscheid, Karin (2011): Adaptive Lernumgebung zum protektiven

Sonnenschutzverhalten

Vortrag, 20. Jahrestagung der GDSU „Lernen und Lehren im Sachunterricht- Zum Verhältnis von Konstruktion und Instruktion“, Bamberg

Kohnen, Marcus & Stachelscheid, Karin (2011): Ist individualisierender Chemieunterricht überhaupt möglich?

Vortrag, 11. Europäischer Chemielehrer/-innenkongress (VCÖ), Klagenfurt

10.9 Lebenslauf

Name:	Marcus Kohnen
Geburtsort:	Essen
Familienstand:	verheiratet, 2 Kinder
Schulbildung:	<ul style="list-style-type: none">- Grundschule Berge/Niedersachsen 1979-1982- Grundschule an der Raadter Straße /Essen 1982/1983- Alfred-Krupp-Gymnasium 1983-1992
Zivildienst:	Ev. Krankenhaus HuysSENS-Stiftung/Essen 1992-1993
Studium:	<ul style="list-style-type: none">- Diplomstudiengang Chemie an der Philipps-Universität-Marburg/Hessen Oktober 1993 – März 1995- Diplomstudiengang DII Chemie Universität-GHS-Essen April 1993 – September 1999, Vordiplom: 1999- Studiengang Lehramt Sek. I/II Chemie/Biologie Oktober 1997 – November 2002- Erste Staatsprüfung für Lehrämter für die Sekundarstufe II und für die Sekundarstufe I
Referendariat:	<ul style="list-style-type: none">- Studienseminar SII Essen: Februar 2003 – Januar 2005 Ausbildungsschule: Gymnasium-Essen-Werden- Zweite Staatsprüfung für Lehrämter für die Sekundarstufe II und für die Sekundarstufe I
Beruflicher Werdegang:	<ul style="list-style-type: none">- Vertretungsstelle Mariengymnasium Werl- wissenschaftlicher Mitarbeiter in der- Didaktik der Chemie an der Universität Duisburg-Essen- (AG Prof. Dr. Karin Stachelscheid), April 2005-Juli 2007- seit 2007 Lehraufträge der Universität Duisburg-Essen- seit August 2006 Lehrer am Gymnasium Essen Werden
Sonstiges:	<ul style="list-style-type: none">- Finalist beim E-Learning Award (ELA) der Universität Duisburg-Essen 2007- Sonderpreis der Heinz-und Gisela-Friederichs-Stiftung als besonders engagierter Talentförderer (im Rahmen von Jugend forscht) 2011

10.10 Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit mit dem Titel

Individualisierendes Lehren und Lernen anhand einer
multimedialen Lernumgebung zum Thema Sonnenschutz
- eine Design-Based Research Studie -

selbst verfasst und keine außer den angegebenen Hilfsmitteln und Quellen benutzt habe,
und dass die Arbeit in dieser oder ähnlicher Form noch bei keiner anderen Universität eingereicht wurde.

Essen, im Mai 2011

10.11 Danksagung

Kathrin, Ben und Lucie kann ich gar nicht genug dafür danken, dass sie die Geduld und Zeit aufgebracht haben, damit diese Promotionsarbeit realisiert werden konnte.

Meiner Betreuerin Prof. Dr. Karin Stachelscheid danke ich sehr für die Möglichkeit meine Promotionsarbeit bei ihr anfertigen zu dürfen. Ich möchte mich auch bei der gesamten Arbeitsgruppe (insbesondere Felix Warbruck) bedanken, durch deren Hilfsbereitschaft eine hervorragende Arbeitsatmosphäre entstanden ist.

Dem Zentrum für Informations- und Mediendienste der Universität Duisburg-Essen danke ich für die Unterstützung und Beratung bei der Erstellung einiger Filmaufnahmen.

Dem Fond der Chemischen Industrie danke ich für die finanzielle Unterstützung zur Realisierung des Projekts „Teilchenbewegung“.